



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

KAISA PYLKKÄNEN
TILANNEKUVAN HALLINTA SÄHKÖNJAKELUVERKON HÄIRIÖ-
TILANTEISSA
Diplomityö

Tarkastaja: professori Pekka Verho
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta-
neuvoston kokouksessa 18. elokuu-
ta 2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Sähkötekniikan koulutusohjelma

PYLKKÄNEN, KAISA: Tilannekuvan hallinta sähkönjakeluverkon häiriötilanteissa

Diplomityö, 98 sivua

Tammikuu 2015

Pääaine: Sähköverkot ja -markkinat

Tarkastaja: professori Pekka Verho

Avainsanat: Tilannekuva, tilannekuvan hallinta, tilannetietoisuus, tilannekuvajärjestelmä, sähkönjakeluverkon häiriöt, käytöntukijärjestelmä, käyttötoiminta

Luonnonilmiöt, kuten tuuli, myrsky ja lumikuormat, aiheuttavat sähkönjakeluverkkoon laajoja suurhäiriöitä jopa useita kertoja vuodessa. Sähköverkko on yksi yhteiskunnan kriittisimmistä infrastruktuureista ja sen häiriöt voivat aiheuttaa merkittäviä ongelmia yhteiskunnan toiminnalle jo muutamassa tunnissa. Häiriöiden minimoimiseksi suomalainen lainsäädäntö velvoittaa verkkoyhtiöt maksamaan asiakkailleen vakiokorvauksia yli 12 tunnin keskeytyksistä. Lisäksi keskeytyksestä asiakkaille aiheutunut laskennallinen haitta vaikuttaa verkkoyhtiön sallittuun tuottoon valvontamallin kautta.

Tässä diplomityössä tutkitaan tilannekuvan hallinnan kehittämistä sähkönjakeluverkon häiriötilanteissa. Tilannekuvan hallinnalla voidaan mahdollistaa nopea palautuminen häiriötilanteista, suurhäiriöiden vaikutusten minimointi, häiriötilanteen tehokas johtaminen sekä sidosryhmien tiedolla palvelu. Tilannekuva tukee dynaamisen ympäristön päätöksentekoa. Se sisältää eri lähteistä haettua tilanteen kannalta merkittävää tietoa, joka on analysoitu käyttäjän tarvitsemaan muotoon. Tässä diplomityössä tilannekuvan hallinta on jaettu verkkoyhtiön sisäisen tilannekuvan hallintaan sekä verkkoyhtiön sidosryhmille toimitettavan ulkoisen tilannekuvan hallintaan.

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää tilannekuvan hallinnan kehitystarpeet, määrittellä tilannekuvan hallinnan tavoitetila sekä tehdä lyhyen ja pitkän aikavälin kehityssuunnitelma määritetyn tavoitetilan saavuttamiseksi. Olennaisena osana tutkimusta olivat haastattelut, joissa kartoitettiin sisäiset ja ulkoiset kehitystarpeet tilannekuvan hallinnalle. Haastateltavat olivat Elenian suurhäiriöorganisaation vastuuhenkilöitä sekä sidosryhmien edustajia.

Lopputuloksena diplomityössä esitetään kehitystarpeet verkkoyhtiön olemassa oleville tietojärjestelmille ja määrittellään uusi tilannekuvajärjestelmä. Olemassa olevien järjestelmien osalta merkittävimmissä roolissa on käytöntukijärjestelmä. Työssä esitetään, että käytöntukijärjestelmää kehitettäisiin tukemaan erityisesti vikojen priorisointia ja resurssien hallintaa. Lisäksi esitetään asentajille suunnattua käytöntukijärjestelmän mobiilisovellusta, jonka kautta voitaisiin kerätä tilannetietoa maastosta suoraan käytöntukijärjestelmään. Olennaista olisi myös parantaa sähkökatkojen korjausaika-arvioiden laatua ja tarkkuutta osittain automatisoidusti hyödyntämällä käytöntukijärjestelmän analysoimaa tietoa häiriötilanteesta.

Tilannekuvajärjestelmä puolestaan tulisi tarjoamaan reaaliaikaista ylemmän tason tietoa häiriötilanteen johtamisen tueksi. Yleiskuva sisältäisi karttapohjaista tietoa eri alueiden tilanteesta sekä mittareilla ja graafeilla esitettyä tietoa häiriönaikaisen toiminnan kannalta tärkeistä tunnusluvuista. Lisäksi järjestelmä muodostaisi tarkemman tason tilannekuvan sisäiseen ja ulkoiseen käyttöön. Sisäisestä tilannekuvasta saataisiin muokattua sidosryhmille heidän tarpeidensa mukaiset käyttäjäkohtaiset tilannekuvat.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

PYLKKÄNEN, KAISA: Managing Situation Awareness in Power Distribution Grid Disturbances

Master of Science Thesis, 98 pages

January 2015

Major: Power systems and market

Examiner: Professor Pekka Verho

Keywords: Situation awareness, situation awareness management, situation awareness system, common operational picture, power distribution grid disturbances, distribution management system, distribution network operations

Natural phenomena, e.g. wind, storms and snow loads, cause major disturbances to the power distribution grid even several times a year. Power grid is one of the society's most critical infrastructure and disturbances in the power grid can paralyze the vital functions of the society already in a couple of hours. To minimize power grid disturbances, Finnish legislation obligates distribution system operators (DSOs) to pay a legal compensation to their customers for interruptions over 12 hours. In addition the outages have an impact on the DSO's financial performance via the regulatory outage costs.

In this M.Sc. thesis is researched how managing situation awareness (SA) can be developed in power distribution grid disturbances. Managing SA enables a fast recovery from the disturbance, minimizing the unwanted impacts of major disturbances, efficient leading of the disturbance and delivering information to the stakeholders. SA is required for decision-making in a dynamic environment. Forming SA requires a system that combines, analyzes and shares the situation related information searched from different sources. In this thesis managing SA is divided into managing DSO's internal SA and stakeholders' SA.

The aim of this thesis is to research the development needs of SA management, to determine the target state of SA management and to make a short and long term development plans for achieving the determined target state. An essential part of the research was interviewing the DSO (Elenia) and its stakeholders to determine the development needs.

As a result, this thesis presents development plans for DSO's existing ICT-systems and the definition of the new proposed SA system. Concerning the existing ICT-systems, the Distribution Management System (DMS) has an essential role in managing SA. This thesis proposes that the DMS would be developed to support especially the prioritizing of fault repairing and the management of resources. In addition a DMS mobile application for contractor personnel is proposed for collecting situation related data from the field straight into the DMS. Partly automatizing the estimation of fault repairing times using the analyzed data from DMS would also make the estimations more exact and improve their quality.

The proposed SA system would provide real-time upper level information for managing the disturbance. It would contain map based information of the situation in different parts of the DSO's operation area and give a quick view of the general situation by displaying key features with meters and graphs. In addition to that, the system would form a common operational picture for the DSO and its stakeholders. Stakeholders' user-specific picture could be edited from the DSO's common operational picture so that it responds to each stakeholder's individual needs.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Elenia Oy:lle Käyttökeskus-tiimiin. Diplomityön aihetta esitettiin Elenian puolesta alkuvuodesta 2014 ja työ toteutettiin vuoden 2014 aikana. Työn ohjaajana toimi Elenian käyttöpäällikkö Turo Ihonen ja tarkastajana Tampereen teknillisen yliopiston sähkötekniikan laitokselta professori Pekka Verho.

Haluan kiittää Eleniaa mahdollisuudesta tehdä diplomityö näin ajankohtaisesta ja kiinnostavasta aiheesta. Haluan kiittää koko Elenian henkilökuntaa saamastani tuesta, neuvoista ja kannustuksesta diplomityöntekoprosessissa. Haluan kiittää Turo Ihosta diplomityön asiantuntevasta ohjauksesta ja kommentoinnista sekä useista keskustelutilaisuuksista ja hyvistä neuvoista koko kirjoitusprosessin aikana. Haluan kiittää myös Elenian käytön suunnittelupäällikkö Heikki Paanasta työn kommentoinnista. Erityisesti haluan kiittää kaikkia haastattelemani henkilöitä sekä Elenialta että sidosryhmistä, jotka olivat diplomityön kannalta hyvin keskeisessä asemassa. Haastattelujen kautta saatu tieto loi pohjan koko diplomityölle.

Haluan kiittää Tampereen teknilliseltä yliopistolta professori Pekka Verhoa työn tarkastamisesta, useista keskusteluista sekä hyvistä kommenteista ja ideoista, joiden pohjalta diplomityötä kehitettiin.

Viimeisenä haluan kiittää perhettäni, ystäviäni ja erityisesti rakasta avomiestäni Sampoa, joka on tukenut ja kannustanut minua läpi koko diplomityöntekoprosessin.

Tampereella 20.12.2014

Kaisa Pylkkänen

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
2	Sähkönjakeluverkon häiriötilanteet.....	3
2.1	Sähkövoimajärjestelmä	3
2.2	Käyttötoiminta	4
2.3	Sähkönjakeluverkon häiriöt	6
2.4	Suurhäiriöt.....	9
2.4.1	Kesän 2010 rajuilmat	9
2.4.2	Joulumyrskyt 2011.....	11
2.4.3	Lumikuormat	12
2.4.4	Syysmyrskyt 2013.....	12
2.5	Häiriöiden vaikutukset	12
2.5.1	Verkkoyhtiöt	12
2.5.2	Asiakkaat	17
2.5.3	Yhteiskunta	19
2.6	Häiriötilanteiden hallinta.....	21
2.6.1	Sähköverkkoyhtiö	21
2.6.2	Pelastuslaitos.....	23
2.6.3	Kunta.....	24
2.6.4	Hätäkeskuslaitos	24
2.6.5	Teleoperaattorit	24
2.6.6	Muut viranomaiset	25
2.6.7	Muut verkkoyhtiöt	26
2.6.8	Asiakkaat	26
2.6.9	Muut toimijat	26
3	Tilannekuva ja tilannetietoisuus.....	27
3.1	Käsitteet ja teoria.....	27
3.1.1	Tilannetietoisuus	27
3.1.2	Tilannekuva ja tilannekuvajärjestelmä	32
3.2	Tilannekuva sähköverkkoyhtiössä	33
3.3	Käytössä olevia tilannekuvia.....	34
3.3.1	Sähköverkkoyhtiöiden tilannekuvajärjestelmiä.....	34
3.3.2	Yhteiskunnan toimintaa häiriötilanteissa tukevia tilannekuva- hankkeita	43
4	Elenian tilannekuvan hallinta häiriötilanteissa.....	47
4.1	Sisäisen tilannekuvan hallinta	47
4.2	Ulkoisen tilannekuvan hallinta.....	51
4.2.1	Häiriökartta	51
4.2.2	Tilannekuvan välittäminen eri sidosryhmille	53
5	Tilannekuvan hallinnan kehitystarpeet	55
5.1	Sisäinen tilannekuva.....	55
5.1.1	Tilannekuvan muodostaminen.....	55
5.1.2	Ylemmän tason tietoa häiriötilanteesta.....	56
5.1.3	Vikojen priorisointi.....	56
5.1.4	Kriittiset asiakkaat ja priorisointi.....	57
5.1.5	Resurssien hallinta	57
5.1.6	Maastosta saatavan tiedon hyödyntäminen.....	58
5.1.7	Vianhoidon koordinointi.....	58
5.1.8	Kustannusten arviointi	59

5.1.9	Korjausaika-arvioiden määrittäminen.....	59
5.1.10	Urakoitsijat	59
5.2	Ulkoinen tilannekuva	60
5.2.1	Pelastuslaitos.....	60
5.2.2	Kunnat.....	61
5.2.3	Hätäkeskuslaitos	62
5.2.4	Teleoperaattorit	62
5.2.5	Kriittiset asiakkaat	63
5.2.6	Fingrid.....	65
5.2.7	Viestintävirasto	65
5.2.8	Liikennevirasto	66
6	Tilannekuvan hallinnan määrittely.....	67
6.1	Sisäisen tilannekuvan hallinnan määrittely.....	68
6.1.1	Tilannekuvajärjestelmä	68
6.1.2	Käytöntukijärjestelmän kehitys	72
6.1.3	Tilannekuvan hallinnan tulevaisuudennäkymiä.....	80
6.2	Ulkoisen tilannekuvan hallinnan määrittely.....	80
6.2.1	Ulkoinen tilannekuva pelastuslaitokselle ja kriittisille asiakkaille	80
6.2.2	Fingrid.....	82
6.2.3	Hätäkeskus	83
6.2.4	Muut sidosryhmät	83
7	Kehityssuunnitelma.....	84
7.1	Lyhyen aikavälin kehityssuunnitelma.....	84
7.2	Pitkän aikavälin kehityssuunnitelma.....	86
8	Yhteenveto	88
	Lähteet.....	90

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

AMR	Tekniikka, joka mahdollistaa mittareiden kaukoluennan ja tiedonkeruun (<i>Automatic Meter Reading</i>)
DMS	Käytöntukijärjestelmä (<i>Distribution Management System</i>)
DSO	Sähkönjakeluverkkoyhtiö (<i>Distribution System Operator</i>)
GSM	Toisen sukupolven (2G) matkapuhelinjärjestelmä (<i>Global System for Mobile Communications</i>)
IVR	Automaattinen interaktiivinen puhelinvastaaja (<i>Interactive Voice Response</i>)
KAH-kustannus	KAH-kustannus eli keskeytyskustannus on laskennallinen keskeytyksen asiakkaalle aiheuttama haitta, joka vaikuttaa valvontamallin kautta verkonhaltioiden sallittuun tuottoon
LUOVA	Ilmatieteen laitoksen luonnononnettomuuksien varoitusjärjestelmä
SA	Tilannetietoisuus (<i>Situation Awareness</i>)
SAIDI	Keskimääräinen keskeytysaika asiakkaalla vuodessa h/a (<i>System Average Interruption Duration Index</i>)
SCADA	Käytönvalvontajärjestelmä (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>)
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> edustaa kolmannen sukupolven (3G) matkapuhelinteknologiaa
VIRVE	Viranomaisverkko
Voimatalouspooli	Pooli johtaa energian siirron, tuotannon ja jakelun yrityskohtaista varautumista ja valmiussuunnittelua

1 JOHDANTO

Sähköverkko on yksi yhteiskunnan kriittisimmistä infrastruktuureista. Sähköverkon häiriötilanteet ovat osoittaneet yhteiskunnan haavoittuvaisuuden ja riippuvuuden sähkönsaannista. Erityisesti pitkät ja/tai laajat sähkökatkot aiheuttavat ongelmia yhteiskunnan elintärkeille toiminnoille, kuten vesihuollolle, lämmönjakelulle, tietoliikenteelle, terveydenhuollolle ja tie-, vesi- sekä rataliikenteelle.

Luonnonilmiöt aiheuttavat valtaosan sähkökatkojen kestoista. Energiatieteellisuuden tekemän tilaston mukaan vuonna 2013 tuuli, myrskyt, lumi- ja jääkuormat, ukkonen ja muut sääilmiöt aiheuttivat yhteensä 80 % keskeytysajasta (Energiatieteellisyys 2014b). Luonnonilmiöiden ollessa poikkeuksellisen voimakkaita, ne voivat aiheuttaa suurihäiriöitä sähköverkkoon. Suurilla verkkoyhtiöillä, joilla on paljon ilmajohtoverkkoa, voi suurihäiriöitä olla useita vuodessa. Maakaapelointi on tehokas tapa suojata verkkoa luonnonilmiöiden aiheuttamilta häiriöiltä ja sen määrä onkin lisääntynyt huomattavasti viime vuosina.

Suurta tuhoa aiheuttavia myrskyjä ja rajuilmoja on koettu 2000-luvulla poikkeuksellisen usein. Marraskuussa 2001 iskenyt Janika-myrsky oli voimakkain myrsky yli 40 vuoteen. Kesällä 2010 neljä rajuilmaa, Asta, Veera, Lahja ja Sylvi, riepottelivat sähköverkkoa aiheuttaen katkoja yli 480 000 asiakkaalle. Pisimmät katkot kestivät useita viikkoja. Joulukuussa 2011 Tapani- ja Hannu-myrskyt aiheuttivat sähkökatkoja yhteensä 570 000 asiakkaalle, katkot kestivät paikoittain useita päiviä. Marras-joulukuussa 2013 myrskyjä oli jopa viisi, joista pahinta tuhoa aiheuttivat Eino ja Seija.

Vuoden 2011 joulumyrskyjen jälkeisen laajan yhteiskunnallisen keskustelun pohjalta sähkömarkkinalakia alettiin uudistaa, jotta pitkistä sähkökatkoista päästäisiin eroon. Uusi sähkömarkkinalaki astui voimaan syksyllä 2013. Uudessa laissa sähkökatkojen vuoksi maksettavien vakiokorvausten enimmäismäärää korotettiin ja jakeluverkolle asetettiin laatuvaatimukset, jotka asettavat myrskyjen ja lumikuormien aiheuttamille keskeytyksille maksimikestoajan asemakaava-alueelle ja sen ulkopuolelle. Lisäksi verkonhaltijoille määriteltiin yhteistoimintavelvollisuus muiden verkonhaltijoiden ja häiriötilanteen hallintaan osallistuvien viranomaisten ja muiden osapuolten kanssa.

Lainsäädännön vaikutuksesta verkkoyhtiöille aiheutuu kustannuksia ja välillistä haittaa sähköntoimituksen keskeytyksistä. Asiakkaille maksetaan vakiokorvauksia yli 12 tunnin sähkökatkoista ja sähkökatkoista aiheutuvat laskennalliset keskeytyskustannukset vaikuttavat Energiaviraston valvontamallin kautta verkkoyhtiön sallittuun tuottoon. Suurihäiriöiden vaikutuksesta kustannukset voivat nousta todella korkeiksi. Esimerkiksi pelkästään Tapani- ja Hannu-myrskyjen seurauksena verkkoyhtiöt maksoivat vakiokorvauksia yhteensä lähes 30 miljoonaa euroa, kun myrskyttömänä vuotena vakiokorvauksia maksetaan tyypillisesti vain noin 1-3 miljoonaa euroa.

Verkkoyhtiöt voivat pienentää suurihäiriöriskiä pääasiassa kolmella tavalla: parantamalla sähköverkkoa, tehostamalla viankorjausorganisaation toimintaa tai parantamalla varautumista. Toiminnan tehostamisessa merkittävä tekijä on ajantasainen tilannekuva, jota voidaan hyödyntää operatiivisen toiminnan päätöksenteon tukena ja sidosryhmäviestinnässä. Nykyiset verkonvalvontaan käytettävät tietojärjestelmät, käytöntuki- ja käytönvalvontajärjestelmä, ovat jo itsessään tilannekuvajärjestelmiä, mutta ne eivät yksin tarjoa riittävää tilannekuvaa häiriötilanteen hallintaan.

Tämä diplomityö on tehty Elenia Oy:lle. Elenia on Suomen toiseksi suurin sähkönjakeluverkkoyhtiö. Elenia palvelee 412 000 asiakasta yli sadan kunnan alueella Päijät- ja Kanta-Hämeessä, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Elenian sähköverkosta pääosa sijaitsee haja-asutusalueella eli asemakaava-alueen ulkopuolella. Erityisesti metsäisillä alueilla ilmajohtoverkko on altis luonnonilmiöiden aiheuttamille häiriöille. Sähkön toimitusvarmuutta parantaakseen Elenia on rakentanut kaiken uuden ja saneerattavan sähköverkon maakaapelina vuodesta 2009 asti.

Tässä diplomityössä on tutkittu tilannekuvan hallinnan hyödyntämismahdollisuuksia sähkönjakeluverkon häiriötilanteissa. Työn toisessa luvussa on tarkasteltu sähkönjakeluverkon häiriöitä ja niiden aiheuttajia, kuvattu viime vuosina koettuja suurhäiriötilanteita sekä häiriöiden vaikutuksia verkkoyhtiölle, asiakkaille ja yhteiskunnalle. Lisäksi luvussa on kuvattu lyhyesti eri osapuolten velvollisuuksia ja tehtäviä häiriötilanteissa.

Luvussa kolme puolestaan käsitellään tilannekuvaan kytkeytyvää teoriaa. Luku sisältää aihealueeseen liittyvät keskeisimmät termit ja teoreettisen mallin. Lisäksi luvussa on käsitelty operatiivisen tilannekuvan roolia verkkoyhtiössä ja esitelty muutamia häiriötilanteen hallintaan käytettäviä tilannekuvia.

Diplomityössä tilannekuvan hallinta on jaettu verkkoyhtiön sisäisen sekä sidosryhmille toimitettavan ulkoisen tilannekuvan hallintaan. Luvussa neljä tarkastellaan Elenian tilannekuvan hallinnan nykytilaa sisäisen ja ulkoisen tilannekuvan hallinnan osalta. Luvussa 5 puolestaan esitetään tilannekuvan hallinnan kehitystarpeet, jotka kartoitettiin haastatteleamalla Elenian omaa henkilöstöä sekä eri sidosryhmiä. Kehitystarpeiden pohjalta on määritelty tilannekuvan hallinnan tavoitetaso, joka on esitetty luvussa kuusi. Lopuksi luvussa seitsemän on kehityssuunnitelma tilannekuvan hallinnan kehittämiseksi sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä.

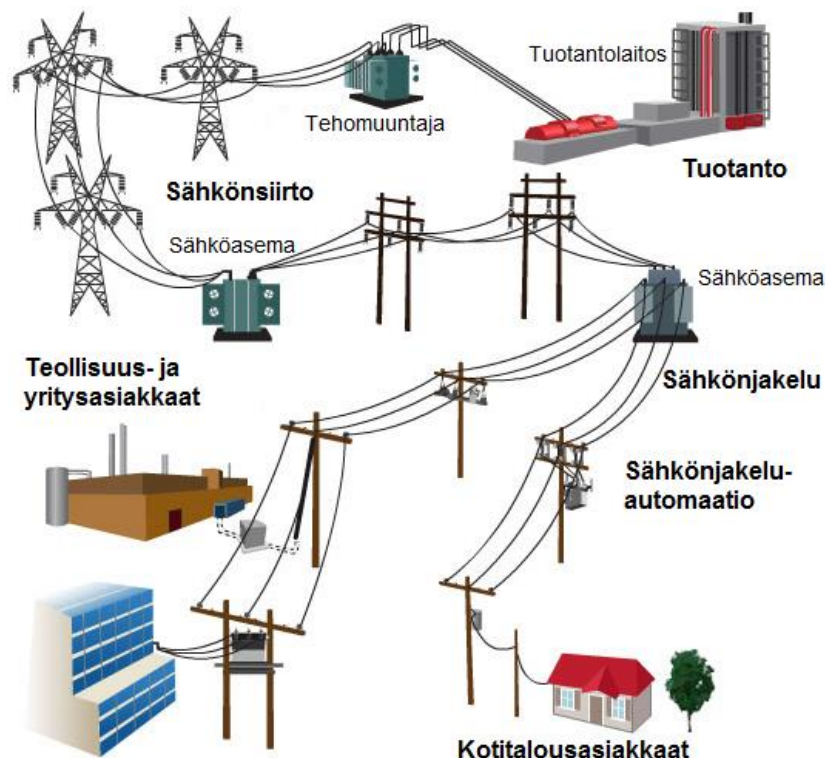
Diplomityö kuuluu Smart Grids and Energy Markets (SGEM) – tutkimusohjelmaan, jonka tavoitteena on kehittää kansainvälisiä älysähköverkkoratkaisuja. Viisivuotinen tutkimusohjelma ajoittuu vuosille 2009–2014 ja sitä koordinoi CLEEN Oy (Cluster for Energy and Environment). SGEM koostuu seitsemästä eri työpaketista, jotka sisältävät tehtäväkokonaisuuksia. Tämä diplomityö kuuluu työpakettiin 6, *Intelligent management and operation of Smart Grids*, ja tehtävään 6.7, *Disturbance management*, jossa tutkitaan häiriötilanteiden hallintaa. Tässä diplomityössä tutkitaan häiriötilanteiden tilannekuvan hallintaa verkkoyhtiön näkökulmasta, kun taas muissa tehtäväkokonaisuuden tutkimuksissa keskitytään tutkimaan kaikkien häiriön hallintaan osallistuvien tahojen yhteistä tilannekuvaa sähkökatkoista aiheutuvan yhteiskunnallisen haitan minimoimiseksi.

2 SÄHKÖNJAKELUVERKON HÄIRIÖTILANTEET

Tässä luvussa käsitellään sähkönjakeluverkkojärjestelmää, käyttötoimintaa ja sähkönjakeluverkon häiriötilanteita. Tämän diplomityön kannalta merkittävimpiä sähkönjakeluverkon häiriötilanteita ovat suurhäiriöt, joiden hallinta on erittäin haastavaa sähköverkko-yhtiöille. Suurhäiriötilanteissa tilannekuvan hallinta on myös kaikkein vaativinta ja tarve laadukkaalle ja kokonaisvaltaiselle tilannekuvalla on suurin. Tilannekuvan hallinnan ollessa riittävällä tasolla suurhäiriötilanteissa, on se riittävällä tasolla myös pienemmissä häiriöissä ja normaalitilanteessa.

2.1 Sähkövoimajärjestelmä

Suomen sähkövoimajärjestelmä koostuu voimalaitoksista, kantaverkosta, alueverkosta, jakeluverkosta ja sähkön kuluttajista. Sähkövoimajärjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1. Sähkövoimajärjestelmä koostuu sähkön tuotannosta, siirrosta, jakelusta ja kulutuksesta (Bravo Projects 2014). Sähkö tuotetaan tuotantolaitoksissa, joista se siirretään suurjännitteisen kantaverkon kautta lähemmäs kulutusta. Keski- ja pienjännitteisen jakeluverkon kautta sähkö toimitetaan asiakkaiden käyttöpaikoille.

Tässä diplomityössä pääpaino on sähkövoimajärjestelmän osalta sähkönjakelussa. Sähkönjakelujärjestelmän tehtävänä on siirtää sähkö voimajärjestelmästä sähkön loppukäyttäjälle. Sähkönjakelujärjestelmään kuuluu alueverkko (110 kV ja 45 kV), sähköasemat (110/20 kV, 45/20 kV), keskijänniteverkko (20 kV), jakelumuuntamot (20/0,4 kV) sekä pienjänniteverkko (0,4 kV). Suomen jakeluverkosta suurin osa on ilmajohtoverkkoa, kaupungeissa ja taajamissa käytetään kuitenkin pääasiassa maakaapeliverkkoa. (Lakervi & Partanen 2012)

Sähköasema on jakeluverkon tärkein yksittäinen rakenneos, joka voi sisältää useita eri laitteita sen käyttötarkoituksesta riippuen. Keskijänniteverkkoa syöttävällä sähköasemalla muunnetaan tyypillisesti 110 kV:n jännite keskijänniteverkon 20 kV:n tasolle. Sähköasemilla sijaitsee pääosa verkon suojarleistyksistä ja muusta automaatiosta. Sähköasemat toimivat siis monipuolisina verkon jakelukeskuksina. (Lakervi & Partanen 2012)

Kytkinlaitteiden tehtävänä on ohjata sähkön kulkua verkossa, erottaa viallinen verkon osa nopeasti muusta verkosta vahinkojen ja vaarojen välttämiseksi ja toimia tarvittaessa erotuskohtana verkon eri osien välillä. Keskijänniteverkossa kytkinlaitteina käytetään muun muassa katkaisijoita ja erottimia, joita voidaan käyttää joko käsinohjatusti tai automaattisesti. (Elovaara & Haarla 2011b)

Keskijänniteverkon suojaukseen käytetään katkaisijoita ja niitä ohjaavia suojarleitä. Rele mittaa sähköverkon jännitettä ja/tai virtaa ja vertaa mitta-arvoa tai mittausten pohjalta laskettua arvoa ennalta määritettyihin asettelu-arvioihin. Rele antaa katkaisijalle avautumiskäskyn, jos arvo ylittää asettelu-arvon. (Verho 2012) Auetessaan katkaisija erottaa vikaantuneen verkonosan virtapiiristä.

Eroittimen tehtävänä on muodostaa turvallinen avausväli erotettavan virtapiiriin ja muun laitoksen välille (Elovaara & Haarla 2011b). Vikatilanteissa vika-alue voidaan rajata kaukokäyttöisten erottimien avulla nopeasti pienemmäksi. Kauko-ohjattavia erottimia ohjataan verkkoyhtiön käyttökeskuksesta käytönvalvontajärjestelmällä. Kaukokäyttöisiä erottimia on tyypillisesti sähköasemilla ja kauko-ohjattavilla erotinasemilla.

Jakelumuuntamot syöttävät pienjänniteverkkoa ja muuntavat jännitteen keskijänniteverkon 20 kV:sta pienjänniteverkon 400 V:n tasolle. Jakelumuuntamoilta lähtevät pienjännitejohdot on suojattu muuntamolla olevilla sulakkeilla. (Lakervi & Partanen 2012) Pienjänniteverkko siirtää sähkön muuntamolta loppukäyttäjälle.

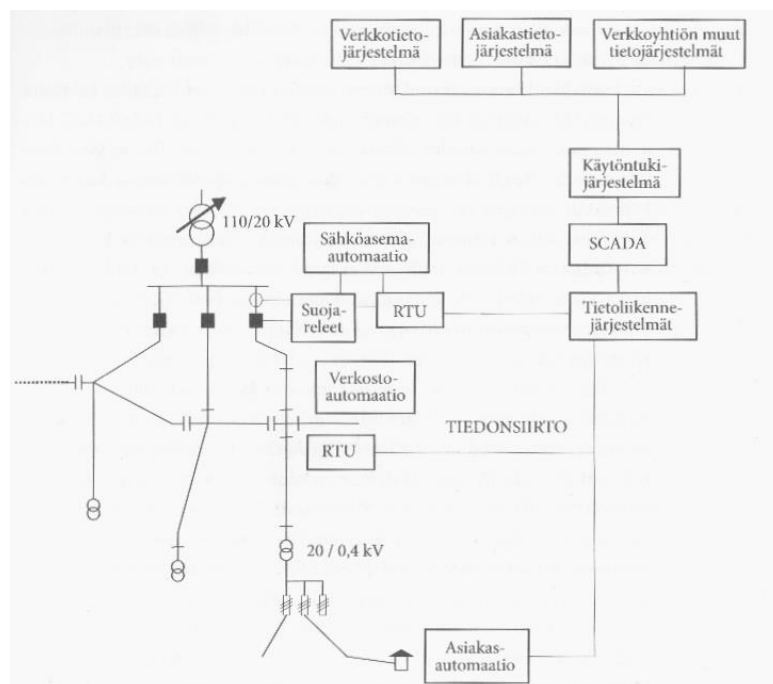
2.2 Käyttötoiminta

Verkon käytön tehtävänä on vastata sähkön siirtoprosessin hallinnasta suorien valvontaja ohjaustoimenpiteiden avulla. Sähkön siirron tulisi toimia mahdollisimman taloudellisesti ja käyttövarmasti. (Elovaara & Haarla 2011b)

Käyttötoimintaa ohjataan verkkoyhtiön käyttökeskuksesta ja siitä vastaa käytönjohtaja. Käyttötoiminnan päätoimintoihin lukeutuvat käyttötoimintojen suunnittelu, verkon tilan jatkuva valvonta ja ohjaus sekä häiriötilanteiden hallinta. Suunnitteluun sisältyy muun muassa päätöksenteko käyttötoiminnan resursseista ja apuvälineistä sekä työkeskeytysten kytkentöjen suunnittelu. Verkon valvonta sisältää verkon suojaus- ja kytkinlaitteiden toiminnan sekä verkon kuormitustilan seurannan. Verkkoa ohjataan kaukokäyttöisillä kytkinlaitteilla käyttökeskuksesta käsin tai maastossa manuaalisesti ohjattavilla kytkinlaitteilla. Häiriötilanteen hallintaan kuuluu vikojen tunnistaminen, paikantaminen ja erottaminen, varayhteyksien hyödyntäminen, vikojen korjaaminen sekä sähkönjakelun palauttaminen normaaliin tilaan. Lisäksi on huolehdittava häiriötilanteen aikaisesta asiakaspalvelusta. Käyttötoiminnan kenttätöimintoja tekevät resurssit voidaan hankkia palveluntuottajilta ostopalveluna. (Lakervi & Partanen 2012)

Sähköasemilla ja keskijänniteverkossa hyödynnetään laajasti automaatiotoimintoja, jotka mahdollistavat keskijänniteverkon valvonnan ja ohjauksen verkkoyhtiön käyttökeskuksesta. Pienjänniteverkossa automaatiotoimintoja on vähemmän, mutta viime aikoina pienjänniteverkon automaatio on kehittynyt merkittävästi etäluettavien älymittareiden (AMR) myötä. (Lakervi & Partanen 2012) AMR-tekniikkaa voidaan hyödyntää pienjänniteverkon valvonnassa, sillä etäluennan kautta voidaan saada energian kulutustietojen lisäksi tietoa esimerkiksi nollavioista, vaiheen puuttumisesta tai jänniteepäsymmetriasta.

Käyttötoiminta on prosessin hallintaa, jossa prosessikoneena on sähköverkko ja tavoitteena on saada prosessi toimimaan mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti. Käyttötoiminnassa tarvitaan paljon reaaliaikaista prosessidataa verkosta ja sen komponenteista. Prosessin haasteena on verkkojen ja resurssien maantieteellisen sijainnin laajuus. Käyttötoiminnassa tarvitaankin apuvälineenä sähkönjakeluautomaatiota, jonka eri tasot on esitetty kuvassa 2.2. (Lakervi & Partanen 2012)



Kuva 2.2. Sähkönjakeluautomaation eri tasot (Lakervi & Partanen 2012).

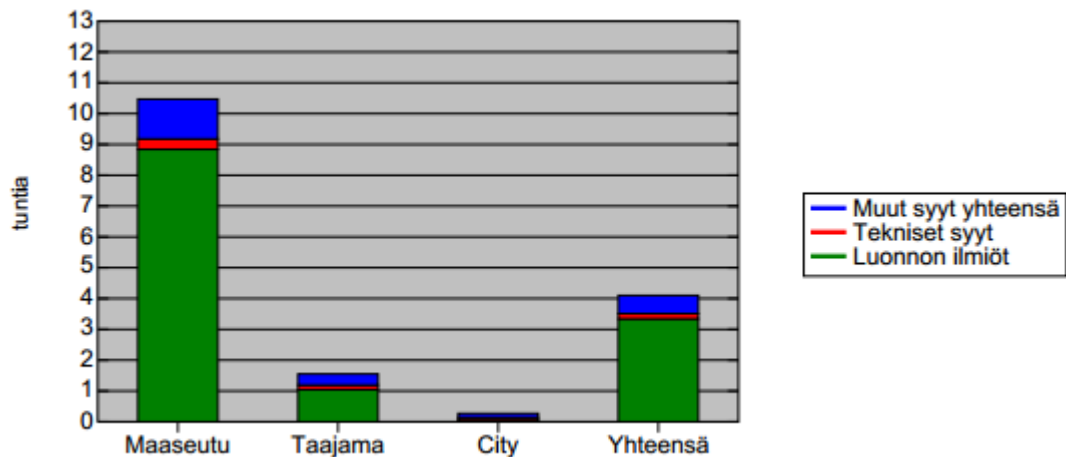
Automaatiotoiminnot vaativat tiedonsiirtotekniikan ja -järjestelmien käyttöä. Kuvan 2.2 mukaisesti prosessidata siirretään tietoliikenteen välityksellä sähköasemien, verkoston ja asiakkaan automaatiolaitteista käyttökeskuksen tietojärjestelmiin, jossa sitä käytetään verkon valvontaan. Tietoliikenneyhteys mahdollistaa myös laitteiden ohjauksen ja arvojen asettelun käyttökeskuksesta käsin. Kuvassa 2.2. termi RTU (*remote terminal unit*) tarkoittaa tiedonsiirtoyksikköä, joka liittää verkosto- tai sähköasema-automaation tiedonsiirtojärjestelmiin. (Lakervi & Partanen 2012)

Sähkönjakeluautomaation eri tasot ovat yhtiö-, valvomo-, sähköasema-, verkosto- ja asiakasautomaatio. Yhtiötason automaation perustana ovat verkkoyhtiön tietojärjestelmien sisältämät tiedot ja sovellukset. Valvomoautomaatio kattaa verkon valvonnan, ohjauksen ja häiriötilanteiden hallinnan käyttökeskuksesta käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmällä, joiden toimintaa on kuvattu tarkemmin luvussa 3. Sähköasema-automaatio sisältää suojareleiden toiminnan, virta- ja jännitemittauksia, kytkinlaitteiden ohjauksia ja jännitteen säädön. Sähköasema-automaatio tarjoaa pääsyn voimajärjestelmään paikallisesti tai kaukokäytöllä (Elovaara & Haarla 2011b). Verkostoautomaatio

sisältää puolestaan kauko-ohjattavien erotinasemien ohjauksen, verkossa olevien mitausten toteutuksen sekä vianilmaisimien tiedonsiirron. Asiakasautomaatio tarjoaa toimintoja tariffiohjaukseen, energiatietojen kaukoluentaan sekä kuormitusten kytkentään ja ohjaukseen. Kuorman kytkentä tapahtuu asiakkaan pyynnöstä kun taas kuorman ohjaus tarkoittaa kuormituksen lyhytaikaista pienentämistä huippukuormituksen aikana. (Lakervi & Partanen 2012)

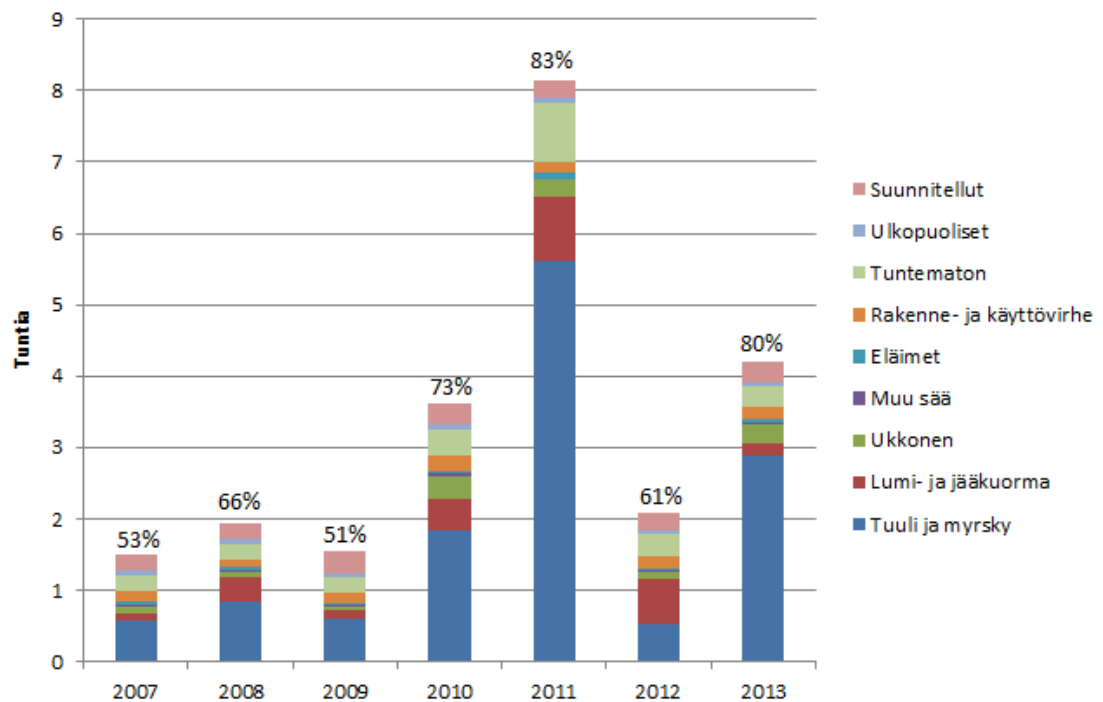
2.3 Sähkönjakeluverkon häiriöt

Häiriö tarkoittaa viasta johtuvaa suunnittelematonta käyttökeskeytystä (Nordel 2007). Sähkönjakeluverkon häiriöitä aiheuttavat erilaiset sääilmiöt, rakenne- ja käyttövirheet, eläimet ja ulkopuoliset tahot. Lisäksi on pieni määrä häiriöitä, joiden syytä ei saada selville. Ilmajohtoverkon häiriöt johtuvat usein johdolle kaatuvista puista, sillä jakeluverkkojen johtokatuja ei ole korkeiden kustannusten takia kannattavaa tehdä puuvarmoiksi. Kuvassa 2.3 on esitetty vuodelta 2013 asiakkaan keskimääräinen keskeytysaika eli SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) keskeytysajan aiheuttajan mukaan Suomen sähkönjakeluverkossa.



Kuva 2.3. Vuoden 2013 SAIDI keskeytysajan aiheuttajan ja verkon sijainnin mukaan jaoteltuna, kun jälleenkytkentöjä ei ole laskettu mukaan (Energiateollisuus 2014b).

Suomessa keskimääräinen keskeytysaika on maaseudulla noin 3 tuntia ja taajamissa alle tunnin vuodessa asiakasta kohden. Lähtötason ollessa näin alhainen, näkyvät yksittäiset myrskyt tilastoissa valtavina piikkeinä. Valtaosa keskeytyksiä aiheuttavista vioista tapahtuu häiriöille alttiilla avojohdoilla, joita on pääasiassa maaseudulla. (Energiateollisuus 2014c) Kuvan 2.3 mukaan vuonna 2013 keskimääräinen keskeytysaika maaseudulla oli yli kymmenen tuntia, josta luonnonilmiöiden aiheuttamaa keskeytysaikaa oli lähes yhdeksän tuntia. Vuoden 2013 voimakkaat myrskyt vaikuttivat selkeästi maaseudun SAIDI:n lähes kolminkertaistaen sen normaalitasoon verrattuna. Rajujen sääilmiöiden vaikutukset näkyvät myös kuvassa 2.4, johon on koottu vuosittaiset keskeytysajat ja niiden aiheuttajat pidemmältä aikajaksolta.



Kuva 2.4. Pylväsdiagrammi esittää vuosittaisen SAIDIn jaettuna sitä aiheuttaviin tekijöihin Suomen sähköjakeluverkossa vuosina 2007–2013, kun jälleenkytkentöjä ei lasketa mukaan. Lisäksi kaikkien sääilmiöiden yhteenlaskettu prosentuaalinen osuus kunkin vuoden SAIDista on ilmoitettu pylvään päällä. Lähteenä Energiategollisuuden vuosittaiset keskeytystilastot.

Kuvan 2.4. mukaan sääilmiöistä aiheutuva SAIDI vaihtelee rajusti vuosittain, muista tekijöistä johtuvan SAIDIn pysyessä lähes samalla tasolla. Pahimpien myrskyjen vaikutuksesta koko vuoden SAIDI voi moninkertaistua normaalitasoon verrattuna.

Tuuli ja myrsky aiheuttavat suuren osan ilmajohtoverkon häiriöistä. Tuuli on ilmavirtaus, joka syntyy lämpötila- ja ilmanpaine-erojen vaikutuksesta. Myrsky on Suomessa määritelty tilanteeksi, jossa tuulennopeuden 10 minuutin keskiarvo ylittää 21 m/s. Myrskyjä esiintyy Suomessa suhteellisen harvoin, mutta paikalliset rajuilmat ovat yleisempiä. Ilmatieteen laitoksen tutkimusten mukaan on mahdollista, että myrskyjen voimakkuus kasvaa Suomessa ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. (Ilmatieteenlaitos 2014d)

Tuulen ja myrskyn vaikutuksesta ilmajohtoverkon johtimille lentää oksia ja puut kallistuvat tai kaatuvat verkon päälle aiheuttaen maa- ja oikosulkuja. Maasulku syntyy, kun jännitteinen vaihejohdin joutuu kosketuksiin maan kanssa esimerkiksi johdolle kaatuneen puun vaikutuksesta. Oikosulussa puolestaan vaihejohtimet joutuvat johtavaan yhteyteen toistensa kanssa. Oikosulku voi syntyä esimerkiksi puun oksan koskiessa kahteen tai kolmeen vaihejohtimeen yhtäaikaaisesti.

Myrskyissä puut voivat katkoa johtimia ja pylväitä sekä rikkoa verkon komponentteja. Pahimmissa tapauksissa ilmajohtoverkko tuhoutuu niin pahasti, että se on rakennettava kokonaan uudelleen. Tuuli ja myrsky aiheuttavat häiriöitä pääasiassa maaseudulla. Niiden vaikutus sähkökatkojen kestoon on merkittävä, sillä kovien myrskyjen aikaan vikoja esiintyy paljon yhtäaikaaisesti laajalla alueella ja myrskyjen aiheuttamien vikojen korjaustyöt ovat usein hankalia ja aikaavieviä (Energiategollisuus 2014b).

Lumisade ja jäätävä sade voivat aiheuttaa lumen ja jään kertymisen puihin, sähköjohtoihin ja pylväsrakenteisiin. Vaurioita aiheuttavat yleensä räntäinen ensilumi, tykkylumi tai poikkeuksellisen suuri lumimäärä. Ilmajohdon läheisyydessä olevat puut voivat

painua tai kaatua verkon päälle raskaiden lumi- ja jääkuormien painosta aiheuttaen maasulun. Lumikuorman kasvaessa riittävän suureksi, voi johonkin katketa tai pudota maahan ripustuksien sortuessa. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2006)

Suomessa ukkoset ovat syntyvaltaan yleisimmin joko ilmamassaukkosia tai rintamaukkosia. Ilmamassa ukkonen syntyy auringonpaisteen voimakkaan lämmityksen ansiosta kun taas rintamaukkonen syntyy helpommin kylmään rintamaan. (Ilmatieteenlaitos 2014b) Kuumuuden ja kosteuden vaikutuksesta ukkospilvet voivat kehittyä voimakkaiksi rajuilmoiksi, joihin voi kuulua rankan vesisateen ja voimakkaiden ukkospuuskien lisäksi suuria rakeita, syöksyvirtauksia ja trombeja (Gaia Consulting Oy & Ilmatieteenlaitos 2013; Ilmatieteenlaitos 2014a). Suomessa esiintyy ukkosia vuosittain touko-syyskuun aikana keskimäärin 100 päivänä (Ilmatieteenlaitos 2014c).

Salamanisku voi aiheuttaa ylijännitteen sähköjakeluverkkoon pääasiassa suoralla iskulla jännitteeseen johtimeen tai induktion kautta. Suoran salamaniskun aiheuttama ylijännite on tyypillisesti useita megavoltteja ja se voi aiheuttaa iskukohdassaan 3-vaiheisen oikosulun maakosketuksella tai ilman. Suorat iskut ovat keskijännitteisessä ilmajohtoverkossa merkittäviä ylijännitteiden aiheuttajia ja aiheuttavat usein paljon vahinkoa verkolle, sillä niiltä täydellisesti suojautuminen on vaikeaa ja taloudellisesti kannattamatonta. Salaman iskiessä johdon välittömään läheisyyteen, ylijännite voi indusoida johtimiin sähkömagneettisen induktion kautta. Indusoitunut ylijännite on keskijänniteverkossa merkittävä räsistekijä. (Kannus & Lahti 2009; Aro et al. 2011)

Salamaniskut voivat aiheuttaa mekaanisia vaurioita sähköverkon komponenteille ja vaurioittaa suurjännitekomponenttien eristysosia. Kaapeliverkkoon aiheutuu harvoin vaurioita salamoiden takia (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2002). Verkon tärkeimmät komponentit suojataan ukkoselta ylijännitesuojilla ja suurjännitejohdot ja sähköasemat lisäksi ukkosjohtimilla. (Kannus & Lahti 2009) Usein ukkosmyrskyissä salamat kaatavat myös sähköverkon vieressä olevia puita linjoille aiheuttaen näin vikoja sähköverkkoon.

Muuhun säähän lukeutuvat muun muassa pitkäkestoiset helleaallot, tulvat ja kovat pakkaset. Helleaallot voivat ylikuumentaa esimerkiksi päämuuntajia. Kova pakkas voi puolestaan vaurioittaa erottimia, katkaisijoita ja suojalaitteita tai jopa katkaista johtimen (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2006). Tulvat tai paikalliset rankkasateet voivat aiheuttaa häiriöitä kaapeliverkkoon tai muuntamoille niiden joutuessa veden valtaan (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2002). Suomen ulkopuolella rajut luonnonilmiöt kuten maanjäristykset, jäämyrskyt ja hirmumyrskyt ovat aiheuttaneet todella laajoja ja pitkäkestoisia suurhäiriöitä. Esimerkiksi hirmumyrsky Sandy aiheutti Yhdysvalloissa yli viikon mittaisia sähkökatkoja miljoonille asiakkaille vuonna 2012.

Eläinten aiheuttamat häiriöt ovat tyypillisesti lyhytkestoisia ja menevät ohi jälleenyhteyksillä, mutta pitkäkestoiset viat voivat syntyä eläimen jäädessä pysyvästi jumiin sähköverkkoon. Suurikokoiset linnut voivat joutua osaksi virtapiiriä törmätessään ilmajohtoverkkoon. Myös pienet linnut ja oravat voivat joutua kosketuksiin johtavien verkonosien kanssa esimerkiksi pylväsmuuntajilla ja aiheuttaa maasulun (Chow M. & Taylor L. 1995). Eläinten pääsyä sähköverkon jännitteisiin osiin pyritään estämään päällystettyjen johtimien ja erilaisten eläinsuojien, kuten lintupiikkien, lintusuojien ja lintupallojen, avulla.

Häiriön syynä voi joissain tapauksissa olla sähköverkon rakennevirhe tai virheellinen käyttö. Materiaalit ja komponentit voivat vikaantua valmistusvirheen, räsistusten tai ikääntymisen vaikutuksesta. Käyttövirheet ovat usein inhimillisiä erehdyksiä.

Häiriön syytä ei aina saada selville. Tunteen syy häiriöön usein poistuu itsestään, ennen kuin syytä saadaan selvitettyä.

Pieni osa häiriöistä aiheutuu ulkopuolisten varomattomuudesta tai ilkeistä. Ilma-johtojen vaurioitumiseen voi liittyä esimerkiksi puiden raivaaminen sähköverkon läheisyydessä, jolloin puita voi kaatua linjan päälle. Maakaapeli vaurioituu ulkopuolisten takia tyypillisesti maankaivutöiden yhteydessä, jos sähkökaapelin sijaintia ei ole selvitetty etukäteen.

Edellä mainittujen häiriöiden tyypillisten aiheuttajien lisäksi verkkoyhtiöiden on varauduttava erilaisiin ughiin, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä. Tällaisia ovat esimerkiksi kyberuhka ja tehopula. Tehopula on tilanne, jossa sähkön tuotanto ja tuontisähkö eivät kykene kattamaan sähkön kulutusta. Tehopula voi syntyä esimerkiksi kulutuksen huipputilanteessa, jos tuontisähköä ei saada, sillä Suomen oma sähköntuotanto ei riitä kattamaan huippukulutusta. (Puolustusministeriö 2009) Kyberhyökkäykset kohdistuvat kriittisiin järjestelmiin pyrkien häiritsemään yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja. Sähköverkonhallintajärjestelmät ovat siis potentiaalisia hyökkäysten kohteita sähköverkon ollessa yhteiskunnan kriittisimpien infrastruktuurien joukossa. Kyberhyökkäyksiä vastaan voidaan suojautua varmistamalla tietoturvan riittävä taso.

2.4 Suurhäiriöt

Suurhäiriöillä viitataan yleensä laajoihin ja/tai pitkäkestoisiin häiriötilanteisiin. Suurhäiriöllä ei ole kuitenkaan vakiintunutta määritelmää, vaan alan tutkimuksissa on laadittu useita eri määritelmiä. Verkkoyhtiöt usein määrittelevät suurhäiriön rajan ja mahdollisesti eri suurhäiriöluokkia oman verkkoalueensa osalta. Ehtona suurhäiriölle voi olla esimerkiksi sähköttömien asiakkaiden prosentuaalinen osuus verkon asiakkaista, sähkökatkon kesto, määritellyn verkon osan vikaantuminen (esimerkiksi päämuuntaja tai suurjännitejohto) tai yhteiskunnalliset vaikutukset.

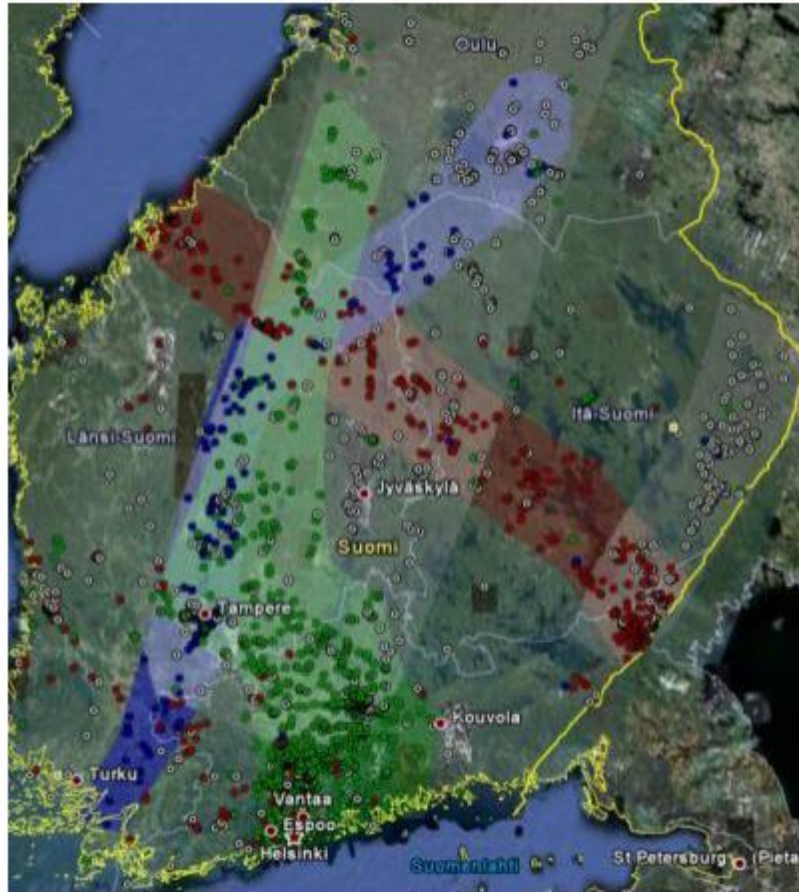
Elenian mukaan suurhäiriötila tarkoittaa tilannetta, jossa sähköverkon vikoja esiintyy yhtäaikaaisesti paljon laajalla alueella ja viat ovat pitkäkestoisia tai häiriö heikentää merkittävästi yhteiskunnan toimintaa. Elenia on määritellyt oman verkkoalueensa häiriöille neljä eri luokkaa, jotka riippuvat sähköttömien asiakkaiden määrästä ja häiriön maantieteellisestä laajuudesta. Häiriöt, joissa on alle 3000 sähkötöntä asiakasta ja häiriön vaikutusalue on paikallinen, lasketaan normaalitilanteiksi. Luokan yksi ja kaksi häiriöt ovat ruuhkatilanteita, joissa sähköttömiä asiakkaita on 3000 – 15 000 ja häiriön laajuus on useita kuntia. Tätä suuremmat häiriöt, luokka 3 ja 4, ovat suurhäiriöitä. Alemman luokan suurhäiriössä on 15 000 – 50 000 sähkötöntä asiakasta ja häiriön on oltava vaikutusalueeltaan maakunnallinen. Korkeamman luokan suurhäiriössä sähköttömien asiakkaiden määrä kasvaa yli 50 000 ja häiriö vaikuttaa useiden maakuntien alueella.

Suurhäiriöt ovat pääosin sääilmiöiden, kuten myrskyjen, rajuilmojen tai lumikuormien aiheuttamia. Erityisesti 2010-luvulla suurta tuhoa aiheuttaneita sääilmiöitä on ollut poikkeuksellisen usein, jopa useita vuodessa. Tämä on johtanut sähköverkkoyhtiöiden ja yhteiskunnan toimijoiden parempaan varautumiseen ja toimintamallien kehittämiseen.

2.4.1 Kesän 2010 rajuilmat

Heinä-elokuussa 2010 neljä rajuilmaa, Asta, Veera, Lahja ja Sylvi aiheuttivat suuria ongelmia sähkönjakelulle. Kaikki neljä rajuilmaa iskivät yhdentoista päivän sisällä: Asta 29.7., Veera 4.8., Lahja 7.8. ja Sylvi 8.8. Kaikki rajuilmat liittyivät samaan suursäätilaan, joka johtui poikkeuksellisen lämpimästä pitkästä ajanjaksosta. Sääilmiöön liittyi voimakasta tuulta ja sadetta sekä paikoin ukkosta ja rakeita. Eniten vahinkoa aiheuttivat harvinaiset syöksyvirtaukset, joiden osumista maantieteelliselle alueelle ei pystytäkään

nustamaan. Puuskatuulien nopeudet olivat harvinaisen korkeita: yli 25 m/s puuskalukemia mitattiin useita ja Ilmatieteen laitos arvioi tuhojen perusteella tuulennopeuden olleen puuskissa paikoin jopa 40–50 m/s. Myös salamointi oli rajua: kahtena päivänä ylittyi 20 000 salaman raja, jota pidetään varsin harvinaisena. Rajuilmat ylittivät Suomen laajalta alueelta hyvin nopeasti, kestäen paikallisesti ainoastaan kymmeniä minutteja. (Onnettomuustutkintakeskus 2011) Rajuilmojen kulkureitit on esitetty kuvassa 2.5.



Kuva 2.5. Rajuilmojen reitit: Asta on merkitty punaisella, Veera valkoisella, Lahja sinisellä ja Sylvi vihreällä (Myrskyvaroitus.com 2010).

Kuvasta 2.5. nähdään kuinka rajuilmat vaikuttivat osittain samoilla alueilla aiheuttaen tuhoja kyseisille alueille useaan otteeseen. Eri ilmansuunnista tulleet myrskyt aiheuttivat näillä alueilla pahaa jälkeä sähköverkoille, sillä voimakkaat tuulet riepottelivat puustoa eri suunnista aiheuttaen normaalia kovemman rasituksen ja siten puiden kaatumisen sähkölinjoille.

Rajuilmat tuhosivat metsää 240 000 hehtaarin alueelta yhteensä noin 8,1 miljoonaa kuutiometriä, joka vastaa noin 15 % Suomen vuotuisesta hakkuumäärästä. Sähköverkkoa tuhoutui laajalta alueelta, erityisesti Itä- ja Keski-Suomessa. Pienjänniteverkkoa vaurioitui yli 17 000 km ja keskijänniteverkkoa lähes 18 000 km, minkä seurauksena reilut 8 600 jakelumuuntamo oli sähköttä. Sähköverkon vahingot aiheutuivat pääasiassa johdoille kaatuneista puista. Pahimmat ilmajohtoverkon tuhot olivatkin metsäisillä haja-asutusalueilla. Vikojen selvittämiseen ja myrskytuhojen korjaamiseen käytettiin kokonaisuudessaan resursseja 118 henkilötyövuoden edestä. Kolmasosa (33 kappaletta) Suomen sähköverkkoyhtiöistä kärsi rajuilmojen tuhoista ja sähköttömiä asiakkaita oli yhteensä noin 481 000. Valtaosa (85 %) sähkökatkoista kesti alle 12 tuntia ja vajaa kymmenesosa puolesta päivästä vuorokauteen. Loput noin 6 % katkoista kesti yli vuo-

rokauden, pisimmillään lähes kuusi viikkoa. Sähköverkkoyhtiöt maksoivat vakiokorvauksia yhteensä yli 10 miljoonaa euroa ja sähköverkon korjauskustannuksia yli 22 miljoonaa euroa. (Onnettomuustutkintakeskus 2011)

Onnettomuustutkintalautakunnan ja Energiaviraston tekemän kyselyn mukaan useilla verkkoyhtiöillä oli joitain vaikeuksia häiriötilanteen hallinnassa ja viankorjauksessa. Laajojen myrskytuhojen takia useat verkkoyhtiöt kilpailivat samojen resurssien saataavuudesta, mikä aiheutti ongelmia erityisesti pienille verkkoyhtiöille. Ongelmia aiheuttivat myös kulku- ja viestiyhteydet. Kaatuneet puut tukkivat teitä ja vikapaikalle pääseminen edellytti usein teiden raivausta, mikä hidasti edelleen viankorjausta. Viestintäverkon tukiasemien akkujen loppuessa viestiyhteydet kentän ja käyttökeskuksen välillä katkeilivat. (Energiamarkkinavirasto 2011)

Lisäksi ongelmana oli muodostaa kokonaiskuva myrskyn laajuudesta, mikä puolestaan vaikeutti resurssitarpeen ja pahimpien tuhoalueiden arviointia. Ilman kunnollista tilannekuvaa resursseja ei osattu kohdistaa oikeisiin paikkoihin eikä pienjänniteverkon vikoja paikantaa tehokkaasti. Helikoptereilla tehtävät ilmatarkastukset kuitenkin paransivat tilannekuvaa huomattavasti. (Energiamarkkinavirasto 2011)

Suomen sähköverkko on suurimmaksi osaksi ilmajohtoverkkoa, joka on haavoittuvainen myrskyille. Kesän 2010 rajuilmat tuhosivat useissa paikoissa verkon täydellisesti ja se oli rakennettava uudestaan kokonaisuudessaan. Sähköverkko on yksi yhteiskunnan kriittisimmistä infrastruktuureista ja sen vaurioituessa aiheutuu yleensä väistämättä ongelmia yhteiskunnan elintärkeille toiminnoille. Rajuilmojen aiheuttamien pitkien sähkökatkojen seurauksena häiriintyivät viestintäverkon toiminta, vesihuolto, liikenneinfrastruktuuri ja jätehuolto. Lisäksi ongelmia aiheutui sähkökriittisille asiakkaille kuten maatiloille, joissa ei ollut omaa varavoimaa. (Onnettomuustutkintakeskus 2011)

2.4.2 Joulumyrskyt 2011

Tapaninpäivänä 26.12.2011 Suomeen saapui Norjan ja Ruotsin kautta voimakas matalapaine, joka aiheutti myrskytuhoja erityisesti läntisessä Suomessa. Tuulet voimistuivat uudelleen seuraavana päivänä 27.12. Hannu-myrskyn iskiessä lähes samaa reittiä, aiheuttaen lisää tuhoa samoille alueille ja lisäksi myös Itä-Suomeen. Myrskytuhoja aiheuttivat erityisesti voimakkaat puuskatuulet, joista kovimmaksi mitattiin tapaninpäivänä 31,5 m/s ja Hannu-myrskyssä 25 m/s. (Ilmatieteen laitos 2012)

Sähkökatkoista kärsi yhteensä 570 000 asiakasta. Sähkökatkot kestivät laajoilla alueilla useita päiviä ja pisimmät yksittäiset katkot jopa kolme viikkoa. Verkkoyhtiöt maksoivat vakiokorvauksia ennätysmäärän, lähes 30 miljoonaa euroa ja sähköverkon korjauskustannuksia 31 miljoonaa euroa. Myrskyt aiheuttivat vahinkoja 49 verkkoyhtiölle, joista 34 yhtiötä joutuivat sekä Hannu- että Tapani-myrskyn kohteeksi. Toistuvasti myrskyn kohteeksi joutuneilla alueilla sähkökatkojen kestot pitenivät. Vaikutuksiltaan joulumyrskyt 2011 olivat siis selvästi kesän 2010 rajuilmoja pahemmat. Talvi oli myös ajankohtana paljon kesää hankalampi. (Energiateollisuus 2012)

Yhteiskunnalliset ongelmat olivat samantyyppisiä kuin rajuilmojenkin aikaan. Matkapuhelinverkkoja kaatui ja matkapuhelinliikenne estyi jollain alueilla kokonaan. Tämä vaikeutti viranomaisien kommunikointia viranomaisverkon kautta ja vaaransi pelastustoimen, poliisin ja sairaankuljetuksen operatiivisen johtamisen. Osalla verkkoyhtiöistä oli ongelmia asiakkaiden tiedottamisessa, joten hätäkeskus ruuhkautui sähkökatkoista kärsivien asiakkaiden puhelusta. Sähköttömyys aiheutti ongelmia kuntien palveluissa kuten vedenjakelussa ja terveydenhuollossa. (Horelli 2012) Myrskyt kaatoivat metsää noin 3,5 miljoonaa kuutiometriä (Metla 2013).

2.4.3 Lumikuormat

Tammikuussa 2012 lumikuormat aiheuttivat häiriötilanteita laajoilla alueilla. Sankka räntäsade ja lähellä nollaa ollut lämpötila aiheuttivat puihin lumikuormaa, jonka seurauksena puut taipuivat avojohdoille aiheuttaen pitkiä ja laajoja vikoja. Vikoja aiheuttaneet puut olivat johtokadun ulkopuolella, joten niiden poistamiseen ei ole ollut oikeutta etukäteen. Olosuhteet olivat haastavat, sillä jäätävä sade ja lumi aiheuttivat uusia vikoja jo korjatuille alueille.

2.4.4 Syysmyrskyt 2013

Syksyn 2013 aikana Suomessa esiintyi laajalla alueella neljä rajua myrskyä: Reima 5.11., Eino 17.11., Oskari 1.12. ja Seija 13.12. Myrskyt olivat paikoin samaa luokkaa kuin joulumyrskyt 2011, mutta vaikutukset sähkönkäyttäjille jäivät vähäisemmiksi. Seija ja Eino olivat myrskyistä rajuimmat, mutta tuulilukemien mukaan silti Tapani-myrskyä lievempiä (Ilmatieteenlaitos 2013). Myrskyjen aikana sähkökatkoja koki yhteensä yli 400 000 asiakasta, mutta suurin osa vioista saatiin korjattua alle 12 tunnissa. Vakiokorvauksia maksettiin kuitenkin yli 200 000 asiakkaalle yhteensä noin 20 miljoonaa euroa. Sähkökatkot aiheutuivat pääasiassa tuulen sähkölinjojen päälle kaatamista puista. Viankorjaus maksoi verkkoyhtiöille noin 24 miljoonaa euroa. (Energiateollisuus 2014a)

2.5 Häiriöiden vaikutukset

Tässä luvussa kuvataan nimenomaan sähköverkon häiriöiden vaikutuksia ottamatta kantaa esimerkiksi myrskyjen aiheuttamiin tuhoihin. Haittavaikutukset tyypillisesti pahenevat häiriön pitkittyessä.

2.5.1 Verkkoyhtiöt

Häiriöillä on suuri vaikutus sähköverkkoyhtiöiden liiketoimintaan. Taloudellisiin vaikutuksiin lukeutuvat muun muassa vakiokorvaukset, KAH-kustannukset ja viankorjauskustannukset. Lisäksi on muita vaikutuksia, jotka liittyvät turvallisuuteen ja imagoon.

Vakiokorvaus ovat asiakkaalle maksettava hyvitys yhtäjaksoisesta, pitkästä sähkökatkosta. Vakiokorvauksen määrä riippuu sähkökatkon kestosta ja sähkönkäyttäjän vuotuisesta siirtopalvelumaksusta. Vakiokorvaukset lisättiin sähkömarkkinalakiin vuonna 2003 ja niiden maksaminen alkoi vuoden 2005 keskeytyksistä. Vakiokorvausten enimmäismäärään tehtiin korotus vuonna 2013 uudistetussa sähkömarkkinalaissa.

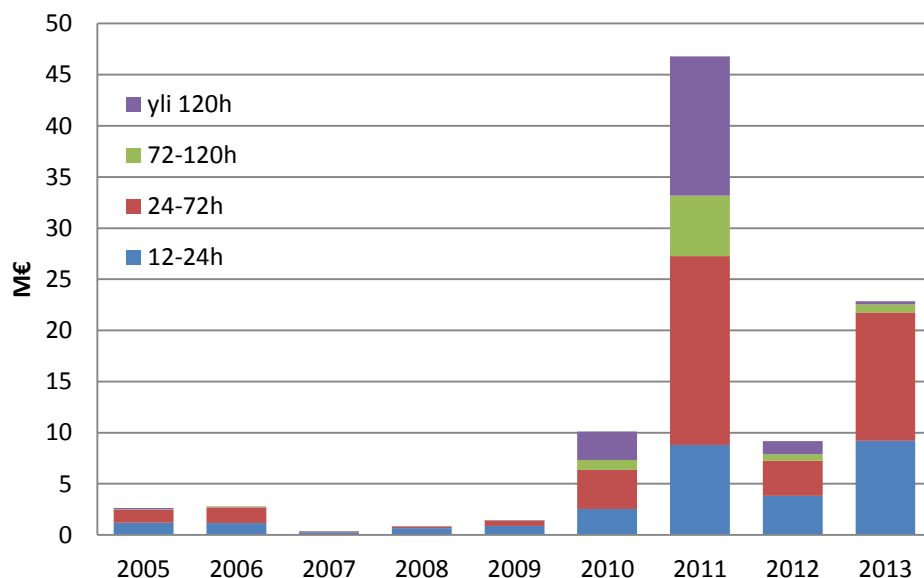
Syyskuun 2013 alusta vakiokorvauksia maksetaan seuraavasti (Sähkömarkkinalaki 588/2013):

Vakiokorvauksen määrä loppukäyttäjän vuotuisesta siirtopalvelumaksusta on:

- 1) 10 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 12 tuntia mutta vähemmän kuin 24 tuntia;
- 2) 25 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 24 tuntia mutta vähemmän kuin 72 tuntia;
- 3) 50 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 72 tuntia mutta vähemmän kuin 120 tuntia;
- 4) 100 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 120 tuntia mutta vähemmän kuin 192 tuntia;
- 5) 150 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 192 tuntia mutta vähemmän kuin 288 tuntia;
- 6) 200 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 288 tuntia.

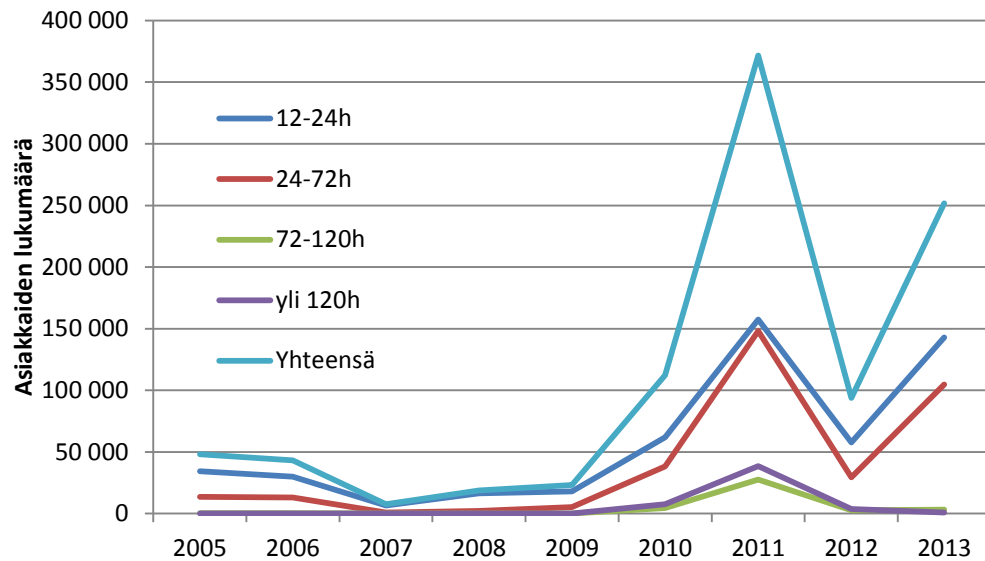
Kalenterivuoden kuluessa maksettavien vakiokorvausten enimmäismäärä on kuitenkin enintään 200 prosenttia vuotuisesta siirtopalvelumaksusta tai 2 000 euroa asiakasta kohden. Vakiokorvausten enimmäismäärää kasvatetaan portaittain, siten että ennen vuotta 2016 alkaneissa keskeytyksissä vakiokorvausten enimmäismäärä on 1 000 euroa ja ennen vuotta 2018 alkaneissa keskeytyksissä 1 500 euroa. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Kuvan 2.6 pylväsdiagrammiin on koottu verkkoyhtiöiden maksamat vakiokorvaukset vuosina 2005 – 2013. Uusi sähkömarkkinalain vaikutus voisi näkyä jo vuoden 2013 vakiokorvauksissa yli 120 tunnin keskeytyksissä, mutta yli viisi vuorokautta kestäviä keskeytyksiä oli vuonna 2013 hyvin vähän.



Kuva 2.6. Sähköverkkoyhtiöiden maksamat vakiokorvauksista vuosittain. Perustuu Energiaviraston julkaisemaan materiaaliin sähköverkkoyhtiöiden tunnusluvuista.

Kuvassa 2.7 on vastaavasti asiakkaiden määrä, joille vakiokorvauksia maksettiin.



Kuva 2.7. Asiakkaiden määrä, joille vakiokorvauksia maksettiin jaoteltuna keskeytysten pituuden mukaan. Perustuu Energiaviraston julkaisemaan materiaaliin sähköverkkoyhtiöiden tunnusluvuista.

Kuvista 2.6 ja 2.7 näkyy selkeästi suurhäiriöiden vaikutus maksettujen vakiokorvausten määrään. Vuodet 2005–2009 edustavat ns. normaaleja vuosia, jolloin merkittäviä häiriöitä ei ollut ja vakiokorvauksia maksettiin vuosittain alle kolme miljoonaa euroa. Vuonna 2010 kesän rajuilmat yksin aiheuttivat lähes kaikki maksetut vakiokorvaukset, noin 10 miljoonaa euroa. Vuonna 2011 Tapani- ja Hannu-myrskyt aiheuttivat valtaosan maksetuista vakiokorvauksista. Lisäksi vuosina 2011 ja 2012 lumikuormat aiheuttivat osan vakiokorvauksista. Vuonna 2011 vakiokorvauksia maksettiin yli kaksi kertaa enemmän kuin koko vakiokorvausmenettelyn olemassaolon aikana, eli vuosina 2005–2010, yhteensä (Energiavirasto 2012). Esimerkiksi Vattenfall (nykyinen Elenia) maksoi vakiokorvauksia Hannu- ja Tapani myrskyn takia yli 6 miljoonaa euroa. Toinen poikkeuksellisen korkea piikki näkyy vuoden 2013 vakiokorvauksissa, joihin vaikuttivat vuoden 2011 myrskyihin rinnastetut Eino- ja Seija-myrskyt sekä useat pienemmät myrskyt. Vuoden 2013 vakiokorvaukset ovat huomattavasti pienemmät osittain siksi, että yli kolmen vuorokauden keskeytyksiä oli todella vähän vuoteen 2011 verrattuna.

Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LTY) tekemässä tutkimuksessa selvitettiin vakiokorvausten osuutta sähköverkkoyhtiön liikevaihdosta. Taulukkoon 2.1 on koottu seitsemän verkkoyhtiön maksamat vakiokorvaukset kesän 2010 rajuilmoista ja talven 2011 myrskyistä ja laskettu kullekin verkkoyhtiölle merkittävemmän myrskyn osuus liikevaihdosta. (Partanen et al. 2012)

Taulukko 2.1. Vakiokorvausten osuus verkkoyhtiön liikevaihdosta kesän 2010 tai talven 2011 myrskyissä. (Partanen et al. 2012)

Yhtiö	Kesä 2010	Talvi 2011	Liikevaihto vuonna 2010	Osuus liike- vaihdosta
Elenia Verkko Oy	2 999 080 €	5 213 160 €	210,3 M€	2 %
Fortum Sähkösiiro Oy	0 €	29 000 000 €	241,9 M€	12 %
Järvi-Suomen Energia Oy	1 602 664 €	2 465 536 €	49,2 M€	5 %
Parikkalan Valo	940 000 €	93 290 €	3,3 M€	28 %
PKS Sähkösiiro Oy	590 409 €	1 442 049 €	43,6 M€	3 %
Savon Voima Verkko Oy	2 994 629 €	3 436 442 €	59,9 M€	6 %
Vatajankosken Sähkö Oy	0 €	1 200 000 €	8,2 M€	15 %

Taulukon perusteella voidaan huomata, että myrkyt koettelivat eniten pieniä verkkoyhtiöitä. Vakiokorvaukset olivat pahimmillaan lähes 30 prosenttia yrityksen vuotuisesta liikevaihdosta. Nopealla sähköjen palauttamisella on siis todella merkittävä rooli verkkoyhtiön taloudelle. Sähkömarkkinalain muutos tulee kasvattamaan vakiokorvausten määrää yli 8 vuorokautta kestäneiden sähkökatkojen tapauksessa.

Elenia maksaa ainoana verkkoyhtiönä Suomessa asiakkailleen myös vapaaehtoista hyvitystä yli kuuden tunnin sähkökatkoista. Hyvitys on 3 % vuosittaisesta siirtopalvelumaksusta, kuitenkin enintään 350 €. Hyvitystä ei makseta silloin, kun sähkökatkosta maksetaan lakisääteistä vakiokorvausta.

Vakiokorvausten lisäksi muita häiriöiden aiheuttamia suoria kustannuksia ovat vikojen korjauksesta aiheutuvat kustannukset. Viankorjauskustannuksiin sisältyy henkilöstöstä, materiaaleista ja kalustosta aiheutuvat kustannukset. TTY:n ja LTY:n kauppa- ja teollisuusministeriölle tekemässä selvityksessä suurhäiriön viankorjauskustannuksiksi arvioitiin 2000 €/vika kohden ja vararesursseja käytettäessä 2500 €/vika. Laajoissa pitkäkestoisissa häiriöissä henkilöstöä tarvitaan yleensä niin paljon kun sitä vain on saatavilla. Asentajia, käyttökeskushenkilöstöä, asiakaspalvelijoita, työnjohtoa ja muuta henkilöstöä voidaan tarvita useita satoja verkkoalueen koosta ja häiriön luonteesta riippuen. Kalustosta aiheutuvat kustannukset voivat muodostua esimerkiksi vianpaikannukseen käytettävien helikoptereista tai puiden raivaamiseen tarvittavista metsäkoneista. Myrskyjen jäljiltä verkkoon jää usein myös uhkaavia vikoja, kuten kaatumaisillaan olevia puista, jotka on poistettava häiriön jälkeen.

Suorien kustannusten lisäksi verkkoyhtiöille aiheutuu häiriöistä myös välillisiä kustannuksia. Energiavirasto valvoo sähköverkonhaltijoiden verkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuutta neljän vuoden pituisissa valvontajaksoissa. Tällä hetkellä on menossa kolmas valvontajakso, joka alkoi vuonna 2012 ja kestää vuoden 2015 loppuun. Valvonta tapahtuu valvontamallin kautta, jossa jokaiselle verkkoyhtiölle lasketaan valvontajakson aikana toteutunut oikaistu tulos, joka ei saa ylittää verkkoyhtiökohtaisesti määritettyä kohtuullisen tuoton määrää. Kohtuullisen tuoton laskennassa huomioidaan sähköverkkotoimintaan sitoutunut oikaistu pääoma sekä kohtuullinen tuottoaste. Oikaistun tuloksen laskennassa verkkoyhtiön liikevoittoon lisätään kirjanpitoon liittyvät oikaistut sekä valvontamallin erilaisten kannustinten vaikutukset.

Verkkoyhtiön vuosittaiset keskeytyskustannukset vaikuttavat oikaistuun tulokseen kahden eri kannustimen kautta. Laatukannustin pyrkii minimoimaan sähköntoimituksessa tapahtuneista keskeytyksistä verkonhaltijan asiakkaille aiheutuneet kustannukset (keskeytyskustannukset) eli keskeytysten aiheuttaman haitan (KAH). Tehostamiskan-

nustin pyrkii puolestaan tehostamaan verkonhaltijoiden toimintaa sekä yleisen että yrityskohtaisen tehostamistavoitteen kautta. (Energiavirasto 2011)

Keskeytyskustannusten laskennassa huomioidaan pitkistä keskeytyksistä suunniteltujen ja odottamattomien keskeytysten lukumäärä ja keskeytysaika sekä lyhyistä keskeytyksistä pika- ja aikajälleenkytkentöjen määrä. Keskeytysajat ja –määrät painotetaan asiakkaiden vuosienenergioilla, jolloin sähkönkäytöltään suurille asiakkaille keskeytyksestä aiheutunut haitta on suurempi. Keskeytysten aiheuttaman haitan arvostamiseen käytetään taulukossa 2.2 esitettyjä KAH-arvoja, jotka määrittävät hinnan asiakkaalle aiheutuneesta haitasta kilowattia ja kilowattituntia kohden. (Energiavirasto 2011)

Taulukko 2.2. Kolmannella valvontajaksolla käytettävät KAH-arvot vuoden 2005 rahantarvossa (Energiavirasto 2011).

Odottamaton keskeytys		Suunniteltu keskeytys		Aikajälleenkytkentä	Pikajälleenkytkentä
$h_{E,odott}$	$h_{W,odott}$	$h_{E,suun}$	$h_{W,suun}$	h_{AJK}	h_{PK}
€/kWh	€/kW	€/kWh	€/kW	€/kW	€/kW
11,0	1,1	6,8	0,5	1,1	0,55

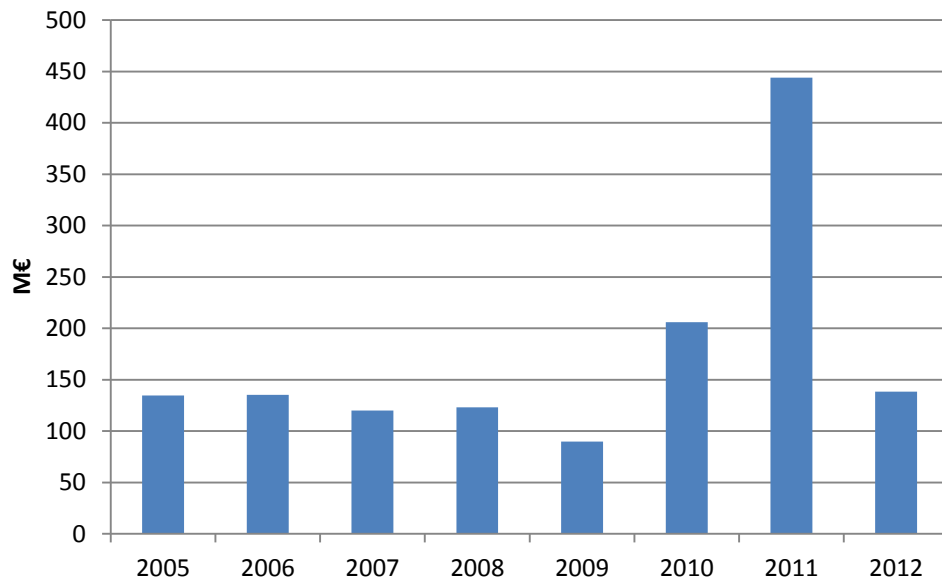
Toimittamatta jääneen sähkön arvo on KAH-arvoilla mitattuna suuruusluokaltaan satakertainen toimitettuun verrattuna, mikä kertoo sähkön kriittisestä asemasta yhteiskunnassa (Verho et al. 2010). KAH-arvot pohjautuvat asiakkaille tehtyihin kyselyihin, joissa selvitettiin halukkuutta maksaa toimitusvarmuuden paranemisesta tai vastaanottaa korvauksia sähkökatkojen lisääntyessä. (Partanen et al. 2013)

Verkkoyhtiön vuosittaisia keskeytyskustannuksia verrataan verkonhaltijakohtaiseen vertailutasoon, joka pohjautuu toteutuneisiin keskeytyskustannuksiin aiemmilta vuosilta. Puolet vertailutason ja toteutuneiden keskeytyskustannusten erotuksesta vähennetään laatukannustimena verkkoyhtiön liikevoitosta oikaistua tulosta laskiessa. Mikäli siis keskeytyskustannukset ovat vertailutasoa alhaisemmat, hyötty verkkoyhtiö siitä tuloksessaan (oikaistu tulos pienenee, jolloin sallittu tuotto saa olla suurempi). Toisaalta taas kannustin muuttuu sanktioksi keskeytyskustannusten kasvaessa vertailutasoa suuremmaksi. Laatukannustimen vaikutus saa olla kuitenkin maksimissaan kaksikymmentä prosenttia verkonhaltijan kyseisen vuoden kohtuullisesta tuotosta. Tehostamiskannustimen laskennassa huomioidaan puolet toteutuneista keskeytyskustannuksista, sillä puolet on huomioitu jo laatukannustimessa. (Energiavirasto 2011)

Valvontamallin vaikutuksen lisäksi verkkoyhtiöiltä jää saamatta tuloja sähkökatkojen aikana toimittamattomasta sähköstä.

Tampereen teknillisen yliopiston ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston tekemässä tutkimuksessa todettiin KAH-kustannusten taloudellinen merkitys huomattavasti suuremmaksi kuin vakiokorvausten. Tutkimuksessa tarkasteltiin 5 000 asiakkaan vuorokauden mittaista keskeytystä, jossa asiakkaiden keskiteho oli 1 kW. Keskeytyksestä aiheutuva haitta on tällöin $5000 \cdot 24h \cdot 1kW \cdot 11€/kWh = 1,32 \text{ M€}$. Tutkimuksessa oletetaan katkon kestoksi yhdestä kolmeen vuorokautta, jolloin vakiokorvauksia maksetaan 25 prosenttia vuotuisesta siirtopalvelumaksusta. Yhdelle asiakkaalle maksettavan vakiokorvauksen oletetaan olevan keskimäärin 100 €, tällöin vakiokorvaukset olisivat kokonaisuudessaan $5000 \cdot 100 = 500\,000 \text{ €}$. Tässä tapauksessa vakiokorvaukset ovat siis vain 38 prosenttia KAH-kustannuksista. Mikäli keskeytys kestäisi viikon, KAH-kustannukset nousisivat 9,24 M€ ja vakiokorvaukset lähes 2 M€. (Verho et al. 2010)

Kuvan 2.8 pylväsdiagrammiin on koottu jakeluverkkoyhtiöiden yhteenlasketut KAH-kustannukset vuosilta 2005–2012.



Kuva 2.8. Sähkönjakeluverkkoyhtiöiden keskeytyksistä laskennallisesti aiheutunut haitta vuosina 2005–2012 (Heikkilä 2014).

Kuvan 2.8 perusteella voi tehdä samat päätelmät kuin edellä mainitussa tutkimuksessa. Esimerkiksi vuonna 2011 KAH-kustannuksia kertyi lähes kymmenkertainen määrä vakiokorvauksiin nähden.

Muita häiriöiden verkkoyhtiölle aiheuttamia haittoja voivat olla työturvallisuusriski, sähköturvallisuusriski ja häiriön negatiivinen vaikutus yrityksen imagoon. Työturvallisuus voi kärsiä työskenneltäessä haastavissa olosuhteissa esimerkiksi maastossa myrskytuhojen keskellä. Sähköturvallisuusriski kasvaa esimerkiksi nollavikojen ja katkenneiden johtimien vaikutuksesta. (Verho et al. 2010) Nollavika tarkoittaa sähköjohdon nollajohtimen vikaantumista, mikä aiheuttaa jännitteen nousemisen jopa kaksinkertaiseksi. Korkea jännite voi rikkoa sähkölaitteita ja aiheuttaa sähköiskuja tai jopa tulipalon.

2.5.2 Asiakkaat

Yksittäiselle asiakkaalle sähkökatkosta aiheutuva haitta jakautuu kahteen osaan: oman liittymän sähkökatkosta aiheutuva haitta ja välillinen haitta, joka aiheutuu sähkökatkojen takia saamatta jääneistä palveluista. Välillisiä haittoja ovat esimerkiksi häiriöt tietoliikenteen, veden tai lämmön saatavuudessa. Lisäksi sähkökatkot voivat vaikuttaa muualta saataviin päivittäispalveluihin kuten elintarvikekauppoihin ja huoltoasemiin. (Verho et al. 2010)

Keskeytyksen aiheuttama haitta riippuu paljon asiakkaan kuluttajaryhmästä. Kotitalouksille keskeytyksistä aiheutuva haitta on lähinnä välillistä haittaa, jota on hankalaa mitata rahassa (Partanen et al. 2006). Kotitalousasiakkaan kokemia haittoja voivat olla esimerkiksi asuntojen kylmeneminen, vedentulon katkeaminen, jääkaappien ja pakastinten lämpeneminen, valaistuksen ja kodin sähkölaitteiden toimimattomuus sekä puhelin- ja Internet-yhteyksien katkeaminen.

Sähköverkkoyhtiöissä asiakkaita, joille sähkönjakelun keskeytys aiheuttaa merkittävää haittaa, nimitetään kriittisiksi asiakkaiksi. Haitta voi olla taloudellista tai kohdistua

ihmisten hyvinvointiin (Verho et al. 2012). Elenialla kriittiset asiakkaat luokitellaan toimialan ja tehonkäytön mukaan. Kriittisiä asiakkaita ovat muun muassa terveyspalvelut, tietoliikenneasemat, tuotanto, teollisuus, kaupan ala ja maatalous. Saman asiakkaan keskeytyskriittisyys ei kuitenkaan aina ole vakio, vaan se voi riippua asiakkaan oman varautumisen lisäksi katkon kestosta, vuoden- tai vuorokaudenajasta sekä aiemmin koettujen keskeytysten määrästä ja kestosta (Partanen et al. 2006). Kriittiset asiakkaat pyritään huomioimaan häiriötilanteissa viankorjausjärjestystä määritettäessä.

Terveyspalvelut kuten sairaalat ja terveyskeskukset kuuluvat kriittisimpiin asiakkaisiin. Sähkölaitteita tarvitaan potilaiden hoitamiseen, tutkimiseen ja kriittisimmässä tapauksessa hengissä pitämiseen. Tärkeintä on turvata sähkönsaanti teho-osastoille, leikkauksaleihin ja heräämöhöihin, joissa sekuntienkin mittaiset katkot ovat merkittäviä. Sähkölaitteistoja koskeva standardi määrittelee edellä mainitut tilat lääkintätiloiksi, joissa on oltava varasähköjärjestelmä. Elintoimintoja ylläpitävien sähköisten järjestelmien osalta sähkönsaanti saa katketa maksimissaan 15 sekunnin ajaksi. Sähkökatkon alkaessa sairaaloiden varavoimalla saadaan katettua vain noin neljännes sairaalan toiminnoista. Varavoimaa käytetään ensisijaisesti kriittisimpiin toimintoihin sekä normaalitoimintojen hallittuun alasajoon. Sähkökatkojen aikana tutkimukset ja hoidot viivästyvät, koska sähköä ei riitä kaikkiin sairaalan laitteisiin eikä kaikkia laitteita edes voida käyttää varavoimalla. Varavoiman hankkiminen on sairaalan tai terveyskeskuksen johdon päätösvalan alla. Laitoskohtaiset poikkeusolojen valmiussuunnitelmat on laadittava sosiaali- ja terveysministeriölle. (Puolustusministeriö 2009)

Tuotannolle, teollisuudelle ja kaupan alalle sähkökatkoista aiheutuvat taloudelliset haitat voivat olla todella merkittäviä. Teollisuusasiakkaille sähkökatko voi tarkoittaa tuotannonmenetystä laitteiden ja koneiden sammussa (Partanen et al. 2006). Palveluntarjoajalle haittaa aiheutuu puolestaan menetetystä myynnistä (Verho et al. 2010). Esimerkiksi ruokakaupat joutuvat sulkemaan ovensa ja siten menettävät myyntituloja ja asiakkaiden luottamuksen. Lisäksi kaikki kylmätuotteet ja pakasteet voidaan joutua heittämään pois pilaantumisen vuoksi. Työntekijöille joudutaan usein myös maksamaan turhia palkkoja, jos sähkökatkon päättymisen ajankohdasta ei ole varmaa tietoa. (Kukkonen, 2014) Myös teleoperaattorit ovat kriittisiä asiakkaita ja pitkät sähkökatkot voivat aiheuttaa häiriöitä heidän tuottamaansa palveluun eli viestintäverkon toimintaan. Vaikutukset ovat merkittäviä yhteiskunnallisella tasolla, joten niitä on kuvattu luvussa 2.4.4.

Maatilat ovat monelta osin riippuvaisia sähkönsaannista. Eläintiloilla sähkö tarvitaan esimerkiksi eläinten ruokintaan ja juomavedenjakeluun, ilmanvaihtoon, puhdistukseen ja tilan tuotteiden säilytykseen. Erityisesti ilmanvaihto on tärkeää eläinten terveyden kannalta. Esimerkiksi navetan ilmanvaihdon pysähtyminen voi aiheuttaa siipikarjan menehtymisen muutamassa tunnissa. Lypsykarjatiloilta puolestaan vedentarve on suuri, sillä yksi lehmä juo noin 100 litraa vettä vuorokaudessa. Maidontuotantotilalla tuotannon ja sen laatutason palautuminen entiselleen useamman vuorokauden sähkökatkon jälkeen voi kestää useita viikkoja. Maatiloille tuleva sähköverkko on usein pitkältä matkalta ilmajohtoverkkoa, joka voi vaurioitua pahoin myrskyissä. (Onnettomuustutkintakeskus 2011)

Pitkät sähkökatkot voivat aiheuttaa vaaratilanteita vanhuksille, kotihoitopotilaille ja kotipalvelun varassa oleville henkilöille. Asuntojen kylmenemisestä aiheutuu haittaa ja terveysriskejä erityisesti vanhuksille, sairaille, liikuntarajoitteisille ja huonosta verenkierrasta kärsiville. Elimistö, jonka toiminnot ovat heikentyneet, ei välttämättä siedä kylmyyttä tai kykene ylläpitämään riittävän korkeaa ruumiinlämpöä, jos sähkökatkot kestävät pitkiä aikoja. Myös kotihoitopotilaat kokevat enemmän haittaa sähkökatkoista kuin muu väestö. Terveystilan ollessa heikko, voivat pienetkin elimistöä kuormittavat asiat pahentaa sairautta. Lisäksi sähkökäyttöiset apuvälineet kuten hengitystukilaitteet

lakkaavat toimimasta, mikäli niiden sähkönsaantia ei ole turvattu akuilla tai pattereilla. Myös useat lääkkeet vaativat usein kylmäsäilytystä, mikä vaarantuu jääkaapin lämmetessä. (Puolustusministeriö 2009)

Sähkötoimituksen keskeytykset ovat sähkön laadun yksi osatekijä. Sähkön laatu vaikuttaa puolestaan sähkötoimituksen laatuun. ”Verkkoyhtiön tehtävänä on toimittaa asiakkaalle riittävän hyvälaatuista sähköä kustannustehokkaasti ja kohtuullisella voitolla” (Elovaara & Haarla 2011a). Sopivaa laatutasoa etsittäessä on huomioitava asiakkaiden ja yhteiskunnan lisääntynyt riippuvuus sähköstä. Sähkötoimituksen keskeytysten kestoja ja määrää voidaan arvioida erilaisten indeksien avulla. (Elovaara & Haarla 2011a) Suurhäiriöiden vaikutusta mitataan usein SAIDIn avulla eli lasketaan kuinka paljon keskimääräistä keskeytysaikaa syntyi häiriön vaikutuksesta asiakasta kohden. SAIDI on yksi sähköverkkoliiketoiminnan luotettavuusindekseistä, joita käytetään yleisesti kuvaamaan sähkönjakelun luotettavuutta.

Energiatieteellisuuden suosittelemisissa verkkopalveluehdoissa kuitenkin todetaan, että verkkopalveluilta ei voida olettaa keskeytyksettömyyttä, sillä sähköverkko on altis erilaisille luonnonilmiöille ja muille keskeytyksiä aiheuttaville ilmiöille. Asiakkaan omaa varautumista käsitellään verkkopalveluehtojen kohdassa 10.10 seuraavasti (Energiatieteellisuus 2010):

Käyttäjän tulee varautua siihen, että verkkopalvelu ei ole keskeytyksetöntä. Käyttäjän tulee ottaa huomioon laitteidensa käyttöolosuhteet ja varmistaa laitteidensa asianmukainen sähkönsaanti, jos käyttäjä tarvitsee esimerkiksi laitteidensa herkkyyden takia tavanomaisen verkkopalvelun mukaista sähköä laadultaan parempaa sähköä tai sähkönsaannin keskeytyksettömyyttä.

Asiakkaan tulee siis myös itse varautua sähkönjakelun keskeytymiseen huomioiden sähkökatkon vaikutukset oman toimintansa kannalta. Erityisesti kriittisten asiakkaiden oma varautuminen on olennaisessa asemassa sähkökatkoista heille aiheutuvan haitan minimoimisessa.

2.5.3 Yhteiskunta

Yhteiskunta toimii nykyään pitkälti sähkön varassa. Jo lyhyet katkot voivat lamauttaa vedenjakelun, jäteveden poiston, kauppojen, pankkien ja huoltoasemien toiminnan sekä osan liikenteestä. Sähkökatkojen pitkittyessä niiden vaikutukset ulottuvat julkisten ja yksityisten laitosten toimintaan, terveydenhuoltoon, lämmitysjärjestelmiin, tiedonvälitykseen ja jäteveden kulkuun. Pitkät sähkökatkot vaikuttavat siis lähes kaikkeen yhteiskunnan toimintaan. (Puolustusministeriö 2009)

Pitkät sähkökatkot voivat aiheuttaa häiriöitä viestintäverkkoon tukiasemien akkuvarmennuksen loputtua. Viestintäviraston määräys 54 A/2012 asettaa viestintäverkon komponenteille vaatimukset varateholähteen (tyypillisesti akusto) minimivarmistusajasta sekä tarvittavasta varavoimasta. Vaatimukset riippuvat komponentin tärkeysluokasta, joka määritetään sen palveleman käyttäjämäärän tai maantieteellisen vaikutusalueen pinta-alan mukaan. Viestintäverkon tukiasemien akustojen toiminta-aika vaihtelee tärkeysluokasta riippuen pääasiassa kolmesta kuuteen tuntiin. Lisäksi korkean tärkeysluokan tukiasemilta vaaditaan kiinteää varavoimakonetta ja muilta siirrettävän varavoimakoneen liitännäismahdollisuutta. (Viestintävirasto 2012)

Pitkissä sähkökatkoissa akustojen kapasiteetti voi siis loppua kesken, jolloin verkkoon syntyy katvealueita, ellei varavoimaa ole käytössä. Taajamissa tukiasemia on tiheässä ja niillä on päällekkäispeittoa, mutta maaseudulla tukiasemat ovat harvemmassa ja

yhden aseman mykistyminen voi katkaista tietoliikenneyhteydet kaikilta sen käyttäjiltä. (Puolustusministeriö 2009)

Tele- ja tietoliikenneverkot ovat keskeisessä asemassa yhteiskunnassa. Viestintäverkkojen toimimattomuus voi aiheuttaa vaaratilanteita, jos hätäpuheluita ei pystytty soittamaan tai apua muuten hälyttämään. Lisäksi tiedotus ja tiedonsaanti vaikeutuvat. Viranomaisverkon (VIRVE) tukiasemien toimimattomuus vaarantaa tai estää kokonaan pelastustoimen, poliisin ja sairaankuljetuksen yksiköiden hälyttämisen hätäkeskuksesta, viranomaisten operatiivisen johtamisen sekä yhteistyön käyttäjien välillä (Horelli 2012).

Vedenjakelu vaikeutuu pitkien häiriöiden aikana. Sähköpumppujen ollessa sähköttöminä, ei vettä saada vedenottamoille tai siirrettyä vedenottamoilta puhdistamoille ja edelleen vesijohtoverkkoon. Vedenjakelun turvaamisen kannalta olennaista on varustaa vesihuoltolaitokset varavoimalla. Jätevesiverkosto vaatii sähköä jäteveden siirtoon ja puhdistukseen. Sähkökatkojen aikaan jätevettä voidaan joutua yliuoksettamaan jokiin tai maahan, mikä voi aiheuttaa maaperän, pohjavesikaivojen tai pohjaveden pilaantumisen. (Onnettomuustutkintakeskus 2011; Horelli 2012)

Sähköttömyys voi aiheuttaa veden- ja lämmönjakelun keskeytyksen, elintarvikkeiden pilaantumisen sekä ilmastoinnin ja valaistuksen toimimattomuuden, mistä aiheutuu ongelmia kunnan palveluille kuten vanhainkodeille, päiväkodeille, kouluille ja oppilaitoksille. Sairaalat ja terveyskeskukset ovat pääsääntöisesti varautuneet pitkiin sähkökatkoihin hyvin, mutta ongelmia saattaa aiheuttaa esimerkiksi sähkökatkosta johtuva potilastietojärjestelmän kaatuminen. Hätäkeskukseen voi suurhäiriön aikaan tulla moninkertainen määrä hätäpuheluita, jolloin hätäkeskus ruuhkautuu eikä välttämättä kykene vastaamaan kaikkiin puheluihin. (Onnettomuustutkintakeskus 2011; Horelli 2012)

Rakennusten lämmitys toimii Suomessa sähkön varassa ainoastaan suoraa puulämmitystä lukuun ottamatta. Huoneilman lämpötilan lasku voi aiheuttaa terveysriskejä erityisesti vanhuksille ja sairaille. Lisäksi lämpötilan laskemisesta voi seurata putkivaurioita. Sosiaali- ja terveysministeriön mukaan asuinrakennuksissa huoneilmanlämpötilan välttävä taso on $+18^{\circ}\text{C}$ ja päiväkodeissa, kouluissa ja vanhainkodeissa välttävä taso on $+20^{\circ}\text{C}$. Kovilla pakkasilla rakennusten lämpötilat laskevat alle välttävän tason jo muutamissa tunneissa. Rakennusten kylmenemiseen vaikuttavat sisä- ja ulkolämpötilat, sähkökatkon kesto sekä talon rakenteet ja materiaalit. Esimerkiksi puutalot kylmenevät nopeammin kuin kivitalot tai elementtikerrostalot. Sähköjen palattua myös rakennusten lämmittäminen takaisin normaaliin asuinlämpötilaan voi kestää talvella jopa viikon. (Puolustusministeriö 2009)

Elintarvikkeiden tuotantoa joudutaan rajoittamaan, jos sähköä ei saada palautettua, vaan joudutaan turvautumaan varavoimaan. Lisäksi myymälät joudutaan sulkemaan, ellei niissä ole varavoimaa. Varavoimallakin myymälät pystytään pitämään auki enimmillään noin neljä tuntia. Pitkän sähkökatkon aikana pakasteet ja kylmätuotteet pilaantuvat ja niistä tulee myyntikelvottomia. (Puolustusministeriö 2009)

Sähkökatkoista seuraa usein maksuliikennehäiriöitä. Korttienlukulaitteet eivät toimi ja on line –korttien käyttö edellyttää toimivaa tietoliikenneyhteyttä ostotapahtuman varmentamiseen. Myös käteis- ja maksuautomaatit lakkaavat toimimasta ja pankit suljetaan turvallisuussyistä, joten käteistä rahaa voi olla vaikea saada. (Puolustusministeriö 2009)

Laajat sähkökatkot vaikuttavat myös liikenteeseen. Liikennevalot, liikenteenohjausjärjestelmät ja katuvalot eivät toimi, mikä ruuhkauttaa liikenteen kaupungeissa ja lisää onnettomuusriskiä maantieliikenteessä. Huoltoasemien polttoainepumput ja -mittarit toimivat sähköllä, joten pitkien sähkökatkojen aikana autoja ei pystytty tankkaamaan. Myös sähköautojen lataaminen estyy. Tämä vaikuttaa yksityisautoilun lisäksi julkiseen liikenteeseen sekä esimerkiksi paloautojen, ambulanssien ja poliisiautojen toimintaan.

Vesipumppujen lakatessa toimimasta, sadevettä voi tulvia kaduille, siltojen alle ja tunnelihin. Tietunneleita voidaan joutua sulkemaan pitkissä sähkökatkoissa varavoiman loputtua liikenteenohjauslaitteista. Lisäksi sähkökatkot vaikuttavat puomien ja avattavien siltojen toimintaan. Myös raideliikenne voi häiriintyä, jos häiriö koskee useampaa raideliikenteen syöttöasemaa. Meriliikenteen osalta sähkökatkot vaikuttavat merenkulun ohjausjärjestelmien ja satamien toimintaan. (Puolustusministeriö 2009)

2.6 Häiriötilanteiden hallinta

Häiriötilanteiden hallintaan osallistuu useita eri toimijoita, joiden välinen yhteistyö on tärkeää häiriön tehokkaan hoidon ja vaikutusten minimoimisen kannalta. Tässä luvussa on kuvattu sähköverkkoyhtiön ja sen sidosryhmien velvollisuuksia ja tehtäviä sähköjakeluverkon häiriötilanteessa. Eri toimijoiden välisen yhteistyön tärkeys korostuu suurhäiriötilanteissa.

2.6.1 Sähköverkkoyhtiö

Sähkömarkkinalaki säätelee sähkömarkkinoiden, ja siten myös sähköverkkoyhtiöiden, toimintaa Suomessa. Sähkömarkkinalaki astui voimaan vuonna 1995, jonka jälkeen siihen on tehty useita muutoksia. Viimeisimmät muutokset tehtiin syksyllä 2013, jolloin uusi sähkömarkkinalaki astui voimaan. Uusien lisäysten myötä pyritään eroon pitkistä sähkökatkoista ja niiden aiheuttamista haitoista. Luvussa 2.4.1.1 on kuvattu sähkömarkkinalaissa jakeluverkkoyhtiöille säädetyt häiriöiden hallintaan liittyvät velvoitteet ja luvussa 2.4.1.2 verkkoyhtiöiden tehtävät häiriötilanteissa.

2.6.1.1 Sähkömarkkinalain velvoitteet

Sähkömarkkinalain mukaan verkonhaltijan tulee ylläpitää ja kehittää sähköverkkoa riittävän hyvälaatuisen sähkönsaannin turvaamiseksi. Sähköverkon tulee toimia mahdollisimman luotettavasti myös normaaliolojen häiriötilanteissa ja valmiuslain määrittelemissä poikkeusoloissa. (Sähkömarkkinalaki 588/2013) Lain perusteella verkonhaltijat ovat siis vastuussa oman verkkonsa vikojen korjaamisesta ja sähkönjakelun palauttamisesta.

Jakeluverkon toiminnalle on asetettu laissa myös laatuvaatimukset, joiden mukaan jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei saa aiheuttaa yli kuuden tunnin keskeytystä asemakaava-alueella. Asemakaava-alueen ulkopuolella ei saa vastaavasti aiheutua yli 36 tunnin keskeytyksiä. Poikkeuksena ovat käyttöpaikat, jotka sijaitsevat saarella, johon ei ole kiinteää yhteyttä tai säännöllisesti liikennöityä lauttayhteyttä sekä käyttöpaikat, joiden kolmen edellisen vuoden sähkönkulutus on ollut enintään 2 500 kWh. Laatuvaatimusten tulee täytyä vuoden 2028 loppuun mennessä ja jakeluverkkoyhtiöiden on toimitettava kahden vuoden välein Energiavirastolle verkon kehittämissuunnitelma, joka sisältää toimenpiteet, joilla laatuvaatimukseen päästään. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Lisäksi sähkömarkkinalaki velvoittaa verkonhaltijat tekemään varautumissuunnitelman vähintään kahden vuoden välein ja toimittamaan sen Huoltovarmuuskeskukseen. Varautumissuunnitelma kattaa verkonhaltijan varautumistoimenpiteet normaaliolojen häiriötilanteisiin ja valmiuslain määrittelemiin poikkeusoloihin. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Verkkoyhtiöillä on velvollisuus ohjata myös asiakkaidensa varautumista. Liittymis- sopimusta koskevassa tarjouksessa on annettava tiedot jakeluverkon toimitusvarmuuden tasosta ja siihen vaikuttavista suunnitelmista kyseisessä liittymispisteessä. Lisäksi ver-

konhaltijan on toimitettava asiakkailleen varautumisohjeita sähkönjakelun häiriöihin vähintään kahden vuoden välein. Asiakkaille, joille toimitusvarmuus on tavanomaista tärkeämpää, on pyynnöstä annettava yksilöllisiä varautumisohjeita ja arvioitava, olisiko varautuminen edullisempaa käyttäjän omilla vai verkkoyhtiön tekemillä toimenpiteillä. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Sähkömarkkinalakiin lisättiin myös verkonhaltijan yhteistoimintavelvollisuus häiriöiden poistamiseksi ja niiden vaikutusten rajoittamiseksi. Yhteistoimintavelvollisuus tarkoittaa velvollisuutta toimia yhteistyössä muiden sähköverkonhaltijoiden ja yhdyskuntateknisten verkkojen haltijoiden sekä toimialueen viranomaisien kanssa. Viranomaisiin lukeutuvat pelastusviranomaiset, poliisi, kunnat ja tieviranomaiset. Lain mukaan verkonhaltijan tulee osallistua toiminta-alueensa tilannekuvan muodostamiseen ja toimittaa siihen tarvittavat tiedot tilannekuvan muodostamisesta vastaavalle viranomaiselle. Yhteistyötä varten verkkoyhtiön valvomoon on järjestettävä erillinen viestiyhteys. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Sähkömarkkinalaki velvoittaa jakeluverkonhaltijat tiedottamaan viipymättä asiakkaitaan laajoista sähkönjakelun keskeytyksistä. Lisäksi verkkoyhtiöiden on ilmoitettava vian tai keskeytyksen arvioitu kesto ja laajuus. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

2.6.1.2 Tehtävät häiriötilanteessa

Verkkoyhtiöillä on useita tehtäviä häiriötilanteessa. Häiriön hallintaan vaadittavat tehtävät riippuvat häiriön aiheuttajasta, laajuudesta, kestosta ja verkolle aiheutuneista vahingoista. Häiriönaikainen toiminta on suunniteltu tarkasti etukäteen verkkoyhtiön varautumissuunnitelmassa ja henkilöstö on perehdytetty sen mukaisesti. Tämän luvun sisältö pohjautuu Elenian toimintatapoihin, eikä välttämättä ole yleistettävissä kaikkiin verkkoyhtiöihin.

Uhkaaviin häiriöihin pyritään reagoimaan mahdollisimman hyvin jo ennen häiriön alkua. Sääennusteita seurataan jatkuvasti ja vaarallisista sääilmiöistä saadaan varoitus Ilmatieteen laitokselta. Varautumisvaiheessa pyritään ennustamaan häiriön kestoa, laajuutta ja vaikutuksia, joiden mukaan suunnitellaan oman henkilöstön työvuorot riittävän pitkälle ajalle ja varataan riittävät resurssit asentajia, materiaaleja ja kalustoa. Lisäksi ollaan yhteydessä tarvittaviin sidosryhmiin, kuten urakoitsijoihin, pelastuslaitokseen ja asiakkaisiin, joita tiedotetaan valmiuden nostosta ja kehoitetaan varautumaan mahdolliseen häiriöön. Valmiuden nostosta päättää yleensä käytönjohto.

Pienemmät häiriöt pystytään yleensä hoitamaan vahvistamalla normaaliajan viankorjausprosessia riittävillä lisäresursseilla. Suuremmissa häiriöissä käynnistetään suurihäiriöorganisaatio, jolloin koko verkkoyhtiön henkilöstö keskeyttää normaaliajan tehtävänsä ja osallistuu suurihäiriön hoitamiseen. Kaikille verkkoyhtiön työntekijöille on ennalta määritetty suurihäiriön aikaiset roolit, joihin heidät on perehdytetty.

Suurihäiriöissä verkkoyhtiön henkilöstöä tarvitaan tavallista enemmän normaaliajan tehtävien hoitamiseen ja lisäksi uusiin tehtäviin, joita ei normaaliaikana tarvita. Esimerkiksi osa käytönvalvojien normaaliajan tehtävistä siirretään muille henkilöille, jolloin vältetään pullonkaulojen syntymiseltä ja käytönvalvojien liialliselta kuormittamiselta. Suurihäiriöorganisaatiossa tarvitaan henkilöstöä vianhoitoon, resurssien hallintaan, asiakkaiden vikapuheluiden vastaanottoon, viestintään, eri osa-alueiden koordinointiin ja johtamiseen, tietojärjestelmien toiminnan varmistamiseen ja erilaisiin tukitehtäviin. Lisäksi tarvitaan tavallista enemmän asentajia viankorjaukseen, joka on useimmissa verkkoyhtiöissä ulkoistettu urakoitsijoille. Tällöin urakoitsijoille kuuluu myös asentajien työnjohto. Laajoissa myrskyissä, joissa tuhot ovat pahoja ja viankorjaus vaatii paljon aikaa, voidaan asentajia tarvita enemmän kuin sopimusurakoitsijoilta on saatavissa. Tällöin pyritään hankkimaan lisää asentajia muilta urakointiyrityksiltä myös oman verkko-

alueen ulkopuolelta. Vianrajaukseen ja partiointiin maastossa voidaan käyttää verkko-yhtiön omaa henkilöstöä tai urakoitsijoita. Tarvittavia erikoisresursseja, kuten metsureita, kaivinkoneita tai helikoptereita hankitaan joko verkkoyhtiön tai urakoitsijan toimesta.

Tilannekuva pyritään ylläpitämään mahdollisimman reaaliaikaisena. Vikojen määrää ja tyyppiä sekä sähköttömien käyttöpaikkojen määrää seurataan, häiriön laajuutta ja kestoja pyritään ennustamaan sekä vikapaikkoja ja pahimpia tuhoalueita kartoitetaan. Esimerkiksi myrskyn jälkeen maastossa olevia tuhoja pystytään kartoittamaan helikopteritarkastuksilla, jos sää on riittävän selkeä ja ulkona on tarpeeksi valoisaa.

Häiriötilanteen hallinta sisältää verkossa esiintyvien vikojen tunnistamisen, paikantamisen ja erottamisen, varayhteyksien hyödyntämisen, vikojen korjaamisen, sähkönjakelun palauttamisen normaalitilaan ja häiriötilanteen aikaisen asiakaspalvelun (Lakervi & Partanen 2012). Vikojen korjaamiseen liittyy lisäksi vikojen priorisointi, resurssien ohjaaminen ja korjaustoiminnan johtaminen. Pitkissä häiriöissä asentajien määrää sekä työ- ja lepoaikoja on seurattava ja henkilöstölle on järjestettävä ruokahuoltoa. Materiaalin ja kaluston riittävyydestä on huolehdittava koko häiriön ajan ja tarvittaessa tehtävä lisätilauksia. Myös erityisresursseja hankitaan tarvittaessa. Sidosryhmiin pidetään yhteyttä ennalta sovituin menetelmin.

Häiriön päätyttyä on huolehdittava raportoinnista ja mahdollisista vikojen jälkikorjauksista. Tärkeää on myös pitää palautetilaisuuksia ja kehittää suurhäiriöorganisaation toimintaa yhdessä urakoitsijoiden kanssa.

2.6.2 Pelastuslaitos

Pelastuslaitosta velvoittaa pelastuslaki. Pelastuslain mukaan pelastuslaitos vastaa kiireellisistä pelastustoiminnan tehtävistä, jotka eivät ole onnettomuuden tai sen uhan omin toimin hoidettavissa tai kuulu muille viranomaisille. Pelastustoiminnan tehtäviin sisältyvät muun muassa uhkaavien onnettomuuksien torjuminen sekä onnettomuuden uhrien ja vaarassa olevien ihmisten, ympäristön ja omaisuuden suojaaminen ja pelastaminen. (Pelastuslaki 379/2011) Pelastuslaitos voi käyttää apunaan vapaaehtoista palokuntaa, sopimuspalokuntaa, sotilaspalokuntaa, tehdaspalokuntaa tai muuta pelastusalalla toimivaa yhteisöä (Pelastustoimi 2014).

Sähköjen katkeaminen ei suoraan aiheuta pelastustehtäviä, mutta sähkökatkoista aiheutuu nopeasti paljon haittavaikutuksia, jotka vaikuttavat myös pelastuslaitoksen toimintaan. Pelastuslaitoksen johtokeskuksissa ja joillain asemilla on kiinteät varavoimakoneet, mutta laajassa sähköverkon häiriössä kaikille asemille ei riitä siirrettäviä varavoimakoneita. (Halmeslahti 2014)

Varautumisvaiheessa pelastuslaitos tiedottaa kuntia ja viranomaisia uhkaavista häiriötilanteista ja omasta valmiuden nostostaan (Halmeslahti 2014). Häiriötilanteissa voidaan perustaa pelastustoiminnan johtokeskus, mikäli tehtävien määrä kasvaa suureksi. Johtokeskukseen kootaan yhteistyöviranomaisia keskustelemaan päätöksistä ja kokoamaan tilannekuvaa häiriöstä (Vakkilainen 2014). Johtamisen tueksi voidaan lisäksi muodostaa toiminta-alueen johtoelimiä. Tapani-myrskyssä Varsinais-Suomen pelastuslaitokselle kirjattiin noin 2500 pelastustoimen tehtävää, mikä tarkoittaa 20 prosenttia vuotuisesta tehtävämäärästä. (Horelli 2012)

Pelastuslaitoksella voi olla sähkönjakeluverkon häiriöissä hyvin erilaisia pelastustoiminnan tehtäviä. Pelastuslaitokset voivat omien tehtäviensä lisäksi auttaa myös muille viranomaisille kuuluvissa tehtävissä. Pelastuslaitokset huolehtivat tarvittavien evakuoitien organisoinnista yhdessä kuntien kanssa. Evakuoitavat kohteet voivat olla esimerkiksi vanhainkoteja tai hoitolaitoksia, joihin ei saada palautettua sähköjä pitkään aikaan. Pelastustoiminnantehtävänä voi olla esimerkiksi vaarallisten tai uhkaavien alu-

eiden eristäminen maastossa. Myrskytuhojen vaikutuksesta jännitteisiä sähköverkon osia voi joutua kosketusetäisyydelle, jolloin vaara-alue on eristettävä. Lisäksi pelastuslaitos voi organisoida puolustusvoimilta virka-apuna aggregaatteja kriittisiin paikkoihin, kuten tietoverkkojen ja viranomaisverkon tukiasemille tai maatiloille (Vakkilainen 2014). Myrskyjen kaataessa metsää, pelastuslaitos voi osallistua teiden tai rakennusten päälle kaatuneiden puiden raivaamiseen (Horelli 2012)

Pelastuslaitosten ja verkkoyhtiöiden yhteistyö on tärkeää häiriötilanteissa. Suurhäiriöissä pelastuslaitoksilta voidaan lähettää yhteyshenkilö verkkoyhtiön valvomoon tai vastaavasti pelastuslaitos voi pyytää verkkoyhtiöstä yhteyshenkilön omaan valvomoonsa. Yhteyshenkilöiden kautta saadaan välitettyä tilannetietoa koko häiriön ajan. (Puolustusministeriö 2009)

2.6.3 Kunta

Kunnan tehtävänä on säilyttää toimintakyky kaikissa tilanteissa ja pitää yllä kuntalaisten elintärkeitä peruspalveluita (Dahlberg 2014). Kuntia koskeva valmiuslaki velvoittaa kuntia valmiussuunnitteluun ja poikkeusolojen toiminnan valmisteluun etukäteen. Jos kunnan voimavarat eivät yksin riitä poikkeustilanteessa toimimiseen, on sen suunniteltava yhteistyötä lähikuntien kanssa. (Verho et al. 2012)

Pelastuslain mukaan kunta vastaa erityistilanteissa onnettomuuden uhrien tai evakuoitujen majoituksesta, muonituksesta ja muusta perushuollosta sekä pelastushenkilöstön huollosta. Lisäksi pelastuslaki velvoittaa kunnat järjestämään psykososiaalista tukea onnettomuuden uhreille (Pelastuslaki 379/2011). Kunta vastaa vesihuollosta, sosiaali- ja terveystoimesta, teknisestä toimesta ja sivistystoimesta. (Puolustusministeriö 2009) Lisäksi kuntien tulee tiedottaa kuntalaisia erilaisista kielloista, rajoituksista ja poikkeusjärjestelyistä esimerkiksi vedenjakeluun liittyen. Kotihoitoa saavien potilaiden tila on tarkastettava ja heidät on tarvittaessa evakuoitava. (Verho et al. 2012)

2.6.4 Hätäkeskuslaitos

Hätäkeskuksen perustehtävänä on mahdollistaa hätäkeskustoiminta kaikissa olosuhteissa (Lehtonen 2014). Hätäkeskuslaitos ottaa vastaan pelastus-, poliisi-, sosiaali- ja terveystoimen toimialaan kuuluvia hätäilmoituksia sekä muita ihmisen, ympäristön ja omaisuuden turvallisuuteen liittyviä ilmoituksia ja välittää ne auttaville viranomaisille ja yhteistyökumppaneille. (Hätäkeskuslaitos 2014) Hätäkeskuksiin ilmoitetaan häiriöiden aikana myös paljon sähköverkon vikapaikkoja, jotka hätäkeskuksesta välitetään edelleen verkkoyhtiöille. Hätäkeskuksen vastuulla on lisäksi luoda tilannekuvaa häiriöstä ja välittää eri viranomaisille heidän toimintaansa vaikuttavia tietoja (Lehtonen 2014).

Häiriötilanteissa hätäkeskukseen tulee hätäpuheluita usein huomattavasti enemmän kuin normaalioloissa. Tapani- ja Hannu-myrskyissä hätäpuheluita tuli vilkkaimman tunnin aikana noin 3600 kappaletta, mikä on yli seitsemänkertainen määrä normaalitilsoon verrattuna. (Sisäasianministeriö 2012)

2.6.5 Teleoperaattorit

Televerkko on riippuvainen sähköverkosta ja sähköverkko välillisesti televerkosta. Televerkon tukiasemat ja muut laitteet tarvitsevat toimiakseen sähköä. Lisäksi monilla laitteilla on sähköllä toimiva jäähdytys tai lämmitys. Laitteiden toiminnasta tulee epäluotettavaa ja ne voivat tuhoutua, jos jäähdytys ei ole käytössä. Lämmityksen puuttuminen voi puolestaan aiheuttaa tietoliikennejärjestelmien vikaantumisia. (Puolustustaloudellinen suunnittelukunta 2006)

Sähköverkko ei ole suoraan riippuvainen tietoliikenneverkosta, mutta häiriötilanteissa tietoliikenneyhteyksien tärkeys korostuu. Sähköverkon aktiivisten komponenttien, kuten katkaisijoiden, kauko-ohjaus käytönvalvontajärjestelmästä tarvitsee toimiakseen tietoliikenneyhteyden. Tällöin vikojen rajaaminen tapahtuu huomattavasti nopeammin kuin manuaaliohjausta käytettäessä ja asiakkaiden kokemat sähkökatkot lyhenevät. (Puolustustaloudellinen suunnittelukunta 2006) Kuitenkin käytönvalvontajärjestelmän yhteys sähköasemille on tyypillisesti varmennettu esimerkiksi satelliittiyhteydellä. Verkkoa pystytään tällöin valvomaan tietoliikenneverkon kaaduttua, mutta kauko-ohjauksia ei voida tehdä erotinasemille, joilla ei ole varmennettua yhteyttä.

Myös etäluettavien mittareiden tietojen välittämiseen käyttöpaikalta käyttökeskuksen tietojärjestelmiin tarvitaan tietoliikenneyhteys. Mittareilta saatavaa tietoa voidaan hyödyntää pienjänniteverkon valvonnassa (Järventausta et al. 2010). Jos tietoliikennekatko on pitkä ja laaja, eikä mittareita saada luettua, voi katko vaikuttaa sähkötaseen selvittämiseen. (Puolustustaloudellinen suunnittelukunta 2006)

Useilla sähköverkkoyhtiöillä on käytössä oma tietoliikenneverkko, jonka kautta verkon komponenttien ohjaaminen tapahtuu. Kuitenkin teleoperaattoreiden langallisten ja langattomien yhteyksien käyttäminen on lisääntynyt sähköverkkoyhtiöiden keskuudessa. (Puolustustaloudellinen suunnittelukunta 2006)

Sähköverkon viankorjauksen johtamisen edellyttämä kommunikointi käyttökeskushenkilöstön ja maastohenkilöstön välillä tapahtuu puhelimitse matkapuhelinverkon kautta. Matkapuhelinyhteyksien katkeaminen tai ruuhkautuminen hidastaa vikojen korjausnopeutta oleellisesti. Yleensä yhteydenpito on varmistettu esimerkiksi radiopuhelimilla oman, varmennetun radioviestiverkon kautta. Vanha radiotekniikka on kuitenkin poistumassa käytössä, minkä vuoksi vanhojen radiopuhelinten käytössä, korjaamisessa ja varaosien saatavuudessa on ollut ongelmia. (Puolustustaloudellinen suunnittelukunta 2006)

Tietoliikenneverkon häiriöt ja ruuhkautuminen voivat siis hidastaa sähköverkon vikojen korjaamista merkittävästi, mikä puolestaan voi aiheuttaa lisää häiriöitä televerkkoon ja edelleen ongelmia sähköverkon viankorjaukselle. Tämän takia verkkoyhtiöiden ja teleoperaattoreiden välinen yhteistyö häiriötilanteissa on kummankin osapuolen kannalta tärkeää. Teleoperaattorit pyrkivät pitämään tukiasemat toiminnassa, mutta sähkökatkojen pitkittyessä tukiasemien akkuvarmennus loppuu eikä kiinteitä tai siirrettäviä varavoimakoneita riitä kaikille tukiasemille. Tällöin varavoima on kohdistettava niille tukiasemille, joissa siitä on eniten hyötyä.

2.6.6 Muut viranomaiset

Normaalioloissa kaikki viranomaiset vastaavat uhkien ja vaarojen ennaltaehkäisystä, niiden hallinnasta ja toipumisesta. Häiriötilanteissa yhteistoimintaa tehostetaan ja johtamisedellytykset pyritään turvaamaan. Häiriön aikana viranomaisten tärkeimpiä tehtäviä on tilannekuvan muodostaminen, ylläpitäminen, analysoiminen ja jakaminen. Lisäksi viranomaisten tehtäviin kuuluu häiriötilanteesta aktiivisesti tiedottaminen asukkaille ja muille viranomaisille. (Puolustusministeriö 2009)

Valtioneuvosto ohjaa Suomen varautumista, jonka tavoitteena on selviytyä erilaisissa yhteiskunnan häiriö- ja poikkeustilanteissa. Yhteiskunnan turvallisuusstrategia (ja sitä ennen yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia) sovittaa eri hallinnonalojen varautumisen yhteen. (Puolustusministeriö 2009)

Ministeriöiden tehtävänä on ohjata ja seurata oman alansa varautumista häiriötilanteisiin. Ministeriön kansliapäällikkö huolehtii hallinnonalansa valmiudesta ja turvallisuudesta. Jokaisessa ministeriössä on myös valmiusyksikkö, jota johtaa valmiuspäällikkö. (Puolustusministeriö 2009)

Aluehallinnon viranomaiset ohjaavat kuntien varautumista. Kuntien rooli varautumisessa on keskeistä, sillä kunnat vastaavat yhteiskunnan elintärkeistä toiminnoista normaalioloissakin. Kunnan varautumista johtavat kunnanjohtaja ja kunnanhallitus. (Puolustusministeriö 2009) Kuntien, hätäkeskusten ja pelastuslaitoksen toimintaa häiriötilanteissa kuvattiin tarkemmin jo aiemmin luvussa 2.5.

2.6.7 Muut verkkoyhtiöt

Sähkömarkkinalain yhteistoimintavelvollisuus velvoittaa verkkoyhtiöt toimimaan yhteistyössä häiriöiden aikana (Sähkömarkkinalaki 588/2013). Naapuriverkkoyhtiöiden kanssa voidaan sopia varasyöttöjärjestelyistä tai viankorjaukseen tarvittavien materiaalien lainaamisesta. Materiaalin hankinnassa suurimmassa roolissa ovat kuitenkin sähkötarvikkeita myyvät tukkuliikkeet.

2.6.8 Asiakkaat

Verkkoyhtiön asiakkailla on tärkeä rooli häiriöiden hallinnassa. Asiakkaat ilmoittavat vikapaikkatietoja tai sähköttömyystietoja verkkoyhtiön vikapalveluun. Vikapaikkatiedot nopeuttavat vikojen korjaamista huomattavasti, sillä työryhmän ei tarvitse käyttää aikaa maastossa vian paikantamiseen, vaan se voidaan lähettää suoraan vikapaikalle. Erityisesti keskijänniteverkon vioissa vikapaikkojen etsiminen maastossa voi kestää pitkään johdon sijainnista, etäisyyksistä ja olosuhteista riippuen. Viankorjauksen nopeutuessa myös häiriön kokonaiskesto jää lyhyemmäksi ja siten haittavaikutukset vähäisemmiksi.

Vikapaikkatietojen lisäksi asiakkaat ilmoittavat, jos oma käyttöpaikka on sähköttömänä. Asiakasilmoitusten kautta verkkoyhtiö saa tietoonsa pienjänniteverkon viat. Keskijännite- ja alueverkon vioista välittyy tieto automaattisesti suoraan käytönvalvontajärjestelmään, mutta pienjänniteverkon viat havaitaan asiakkaiden ilmoitusten tai etäluettavien mittarien hälytysten kautta.

Asiakkailla on vastuu omasta varautumisestaan sähkökatkoihin. Sähköntoimitusta ei voida taata häiriöttömäksi, jolloin kunkin asiakkaan tulee olla varautunut sähkökatkoihin omaan toimintaansa nähden riittävällä tasolla.

2.6.9 Muut toimijat

Puolustusvoimat tukevat muita viranomaisia häiriötilanteissa. Puolustusvoimat antavat virka-apua, eli viranomaisen toiselle viranomaiselle antamaa apua, pääasiassa pelastuslaitokselle ja poliisille. Virka-apuna voidaan antaa esimerkiksi varavoimakoneita tai maastoajoneuvoja. Lisäksi varusmiehiä voidaan hyödyntää tehtävissä, jotka eivät ole vaarallisia tai vaadi erityisosaamista. (Verho et al. 2012) Virka-avun lisäksi puolustusvoimilta voi pyytää maksullista työvoima-apua, mikäli tehtävä ei täytä virka-avulle asetettuja vaatimuksia. Työvoima-avun on kuitenkin oltava puolustusvoimille soveltuvaa ja sen tulee sopia joukko-osaston toiminnalle. (Järvi 2012)

Kansalaisjärjestöt lisäävät käytännön turvallisuutta merkittävästi häiriötilanteissa. Kansalaisjärjestöt ovat jo pitkään auttaneet viranomaisia esimerkiksi etsintä-, pelastus-, palokunta- ja ensiaputoiminnan järjestämisessä. (Puolustusministeriö 2009)

3 TILANNEKUVA JA TILANNETIETOISUUS

Yhteiskunnan turvallisuusstrategian mukaan (VNpp 2010) ”jokainen organisaatio tarvitsee toimiakseen tietoa ympäristöstä ja sen tapahtumista sekä niiden vaikutuksesta omaan toimintaansa”. Verkkoyhtiöillä tiedon tarve korostuu erityisesti suurissa häiriötilanteissa. Häiriötilanteissa verkkoyhtiön toiminta vaikeutuu, kun verkkoon tulee paljon uusia vikoja lyhyellä aikavälillä. Resurssien määrä on suuri, mutta niiden käytön pitäisi olla hallittua ja optimoitua. Viankorjauksen tulisi olla kustannustehokasta, kuitenkin sähkönsaannin kannalta kriittiset asiakkaat ja yhteiskunnalliset vaikutukset huomioiden.

Myrskyt, tuuli ja luomikuormat ovat aiheuttaneet Suomessa viime vuosina suurhäiriöitä vähintään vuosittain, mikä on herättänyt verkkoyhtiöt pohtimaan häiriönaikaisen toimintansa tehostamista. Asiakkaat ovat joutuneet olemaan jopa useita päiviä ilman sähköjä ja sähkökatkot ovat vaikuttaneet merkittävästi yhteiskunnan toimintaan. Lisäksi häiriön aiheuttamat kustannukset voivat nousta todella suuriksi sähköttömien asiakkaiden määrän ollessa suuri ja sähkökatkojen kestojen pidetessä.

Häiriön johtaminen edellyttää riittävää määrää tietoa nykytilanteesta, sen taustoista ja mahdollisista kehitysvaihtoehdoista. Tämä tietämys voidaan hankkia tilannekuvan kautta. Tilannekuva luo pohjan päätösten tekemiseen ja on edellytys tilanteen tehokkaalle johtamiselle. Tässä luvussa käsitellään aihepiiriin liittyviä käsitteitä, käsitteiden taustalla olevaa teoriaa ja tilannekuvan merkitystä sähköverkkoyhtiöille sekä esitellään käytössä olevia tilannekuvia.

3.1 Käsitteet ja teoria

Tilannekuva -termin käyttö on yleistynyt Suomessa energia-alalla erityisesti 2010-luvun sähköverkon suurhäiriöiden myötä. Aihepiirin perustana on tilannetietoisuus, josta tilannekuva on irtautunut omaksi käsitteekseen. Tilannetietoisuutta alettiin tutkia laajemmin 1990-luvun alussa erityisesti Yhdysvalloissa ja lähinnä sotateoriaan liittyen. Ilmiö oli kuitenkin tunnistettu jo ensimmäisessä maailman sodassa, kauan ennen kuin siitä käytettiin mitään tiettyä termiä (Gilson 1995). Kiinnostus aiheeseen on lisääntynyt jatkuvasti ympäri maailmaa ja tilannetietoisuutta ja tilannekuvaa pyritään nykyään hyödyntämään yhä useammalla toimialalla.

3.1.1 Tilannetietoisuus

Kansainvälisissä tutkimuksissa käytetään usein termiä tilannetietoisuus (*situation awareness, SA*). Termille ei ole yksikäsitteistä määritelmää, mutta yleensä sillä viitataan henkilön kykyyn tietää mitä ympäristössä tapahtuu. Tilannetietoisuutta pidetään myös yleisesti välineenä tilanteen johtamiseen ja päätöksentekoon.

Yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa tilannetietoisuus on määritelty seuraavasti (VNpp 2010):

Päättäjien ja heitä avustavien henkilöiden ymmärrys tapahtuneista asioista, niihin vaikuttaneista olosuhteista, eri osapuolien tavoitteista ja tapahtumien mahdollisista kehitysvaihtoehdoista, joita tarvitaan päätösten tekemiseksi tietyistä asiasta tai asiakokonaisuudesta.

Tilannetietoisuudessa on siis kyse tilanteen ymmärtämisestä: mikä on tilanteen historia, nykyhetki ja ennuste. Yhteiskunnan turvallisuusstrategian mukaan tilannetietoisuus korostuu häiriötilanteissa, kun hyvinkin laaja-alaisesti vaikuttavia päätöksiä joudutaan tekemään nopeasti. Tällöin tilannetietoisuuden tulisi olla tarkoituksenmukaista ja nopeaa ja perustua oikeisiin tietoihin ja luotettaviin arvioihin. Tilannetietoisuus on väline oikea-aikaiseen päätöksentekoon ja toimintaan. Tilannetietoisella henkilöllä on tieto päätöksen perustasta sekä mahdollisista seurauksista ja riskitekijöistä. (VNpp 2010)

Mica Endsley on tutkinut tilannetietoisuutta 1980-luvulta asti, kirjoittanut aiheesta yli 200 tieteellistä julkaisua ja perustanut tilannetietoisuutta tutkivan yrityksen SA Technologies. Hänen määritelmänsä tilannetietoisuudelle on laajasti hyväksytty ja siihen viitataan suuressa osassa alan julkaisuja. Hänen mukaansa tilannetietoisuus määritellään seuraavasti (Endsley 1988):

Situation awareness is the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future.

Endsleyn mukaan tilannetietoisuus on siis ympäristön elementtien havainnointia ajan ja paikan suhteen, sekä näiden elementtien tarkoituksen ymmärtämistä ja lähitulevaisuuden tilan ennustamista. (Endsley 1995, s. 36)

Tilannetietoisuus on käsitteenä eriytetty päätöksenteosta ja toimenpiteiden suorittamisesta. Parhaatkin päättäjät voivat tehdä huonoja päätöksiä, jos heidän tilannetietoisuutensa on epätarkka tai puutteellinen. Samoin henkilö, jolla on erinomainen tilannetietoisuus voi myös tehdä huonon päätöksen johtuen esimerkiksi harjoituksen puutteesta tai huonosta taktiikasta. Tilannetietoisuuteen, päätöksentekoon ja toimenpiteiden suorittamiseen vaikuttavat tekijät eivät ole samoja, minkä takia Endsley on pitänyt käsitteet erillään. (Endsley 1995, s. 36)

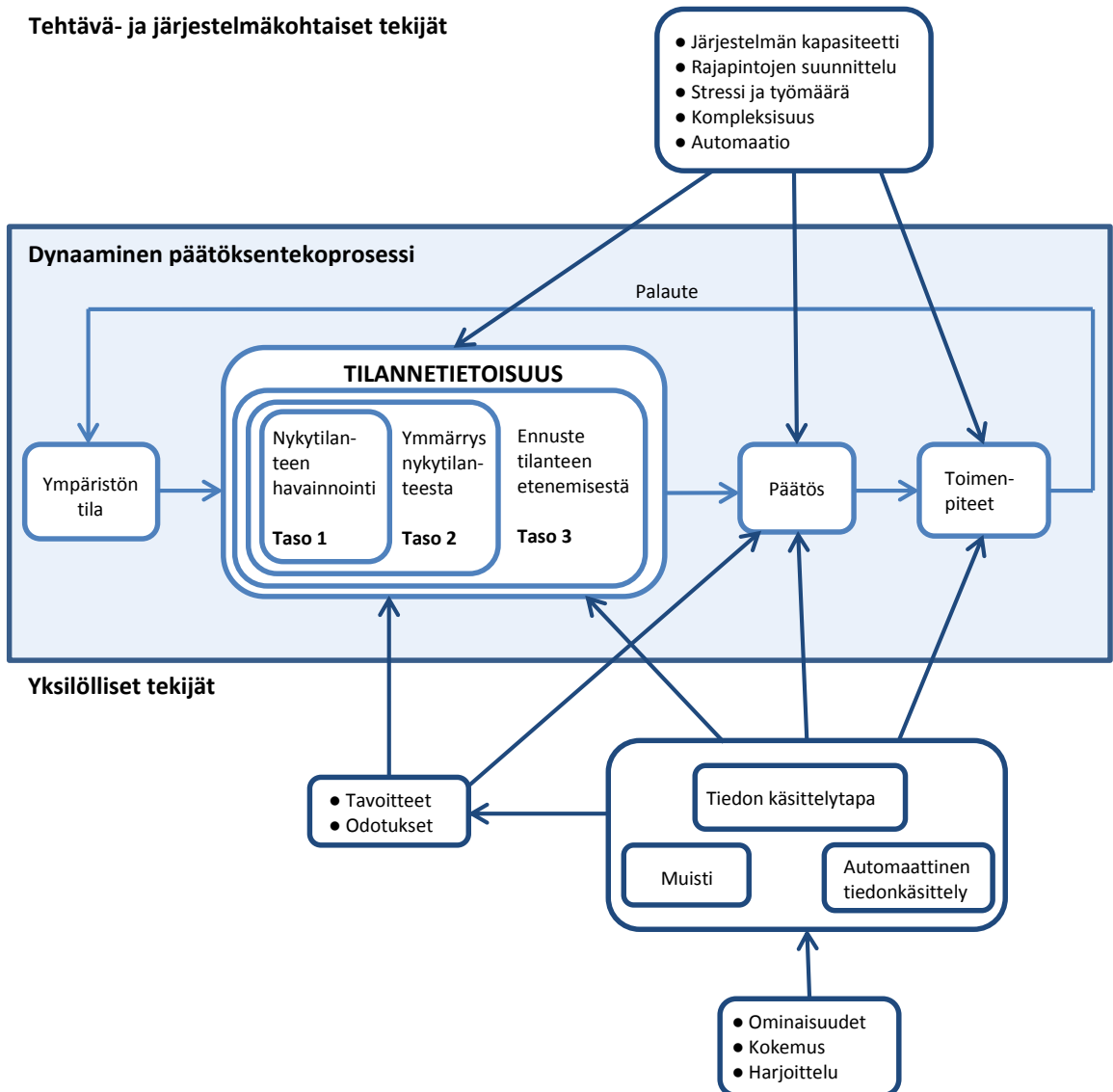
Tilannetietoisuus ei ole stabiili ilmiö, vaan jatkuvasti muuttuva ja kehittyvä tila. Tilanteen muuttuessa myös tilannetietoisuus on päivitettävä. Ei siis riitä, että tilannetietoisuus on hyvä vain jonain tiettyä hetkenä, vaan sitä on jatkuvasti ylläpidettävä. (Nofi 2000, s. 36) Tilannetietoisuuden saavuttaminen ja säilyttäminen vaikeutuu ympäristön dynaamisuuden ja monimutkaisuuden lisääntyessä. Dynaamisessa ympäristössä päätökset on usein tehtävä nopeasti, joten ajantasaista analyysia ympäristöstä on oltava saatavilla. Suuri osa tilanteen johtajan työajasta kuluu tilannetietoisuuden saavuttamiseen ja ylläpitoon, jos ympäristön tila muuttuu jatkuvasti ja monimutkaisella tavalla. (Endsley 1995, s. 33)

Tilannetietoisuus todettiin välttämättömäksi jo ensimmäisessä maailmansodassa sotilaslentokoneiden miehistöllä. Lentäjillä oli oltava jatkuva käsitys tilanteen muuttumisesta, mikä tarkoitti esimerkiksi lentokoneen ohjaukseen liittyviä parametreja, ulkoisia olosuhteita, navigaatiota ja tietoa vihollisista. Pienikin puute tilannetietoisuudessa saattoi johtaa vakaviin seurauksiin. (Endsley 1995, s. 32–33)

Tilannetietoisuuden on todettu olevan tärkeää myös useilla muilla toimialoilla, joissa tilanteet muuttuvat nopeasti. Esimerkiksi lennonjohtajan on pysyttävä jatkuvasti tietoisena koneiden sijainneista, korkeuksista, nopeuksista, lentoradoista ja keskinäisistä etäisyyksistä, jotta koneille voidaan määrittää turvalliset reitit nousemiseen ja laskeutumiseen siten, että lentoliikenne on sujuvaa ja tehokasta. Taktisia tai strategisia päätöksiä tekevät tahot, kuten palomiehet, poliisi ja sotavoimien johto perustavat päätöksensä tilannetietoisuuteen. Tilannetietoisuuden kautta pystytään määrittämään paras toimintatapa kyseisessä tilanteessa riskitekijät huomioiden. (Endsley 1995, s. 33)

3.1.1.1 Teoreettinen malli

Vuonna 1995 Endsley loi teoreettisen mallin tilannetietoisuudesta pohjautuen sen rooliin ihmisen dynaamisessa päätöksenteossa eri toimialoilla. Tilannetietoisuuden vähäisen tutkimuksen takia malli ei välttämättä ole täysin kattava tai perusteellinen, mutta mallin tarkoituksena oli luoda yhteinen pohja, jonka perusteella aiheesta pystytään keskustelemaan, ja olla perustana tulevalle tilannetietoisuuden tutkimukselle (Endsley 1995, s. 34). Malli on esitetty kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Malli tilannetietoisuudesta osana dynaamista päätöksentekoa (Endsley 1995, s. 35).

Kuvassa 3.1. dynaaminen päätöksentekoprosessi on kuvattu jatkuvana silmukkana. Ympäristön tilaa tutkimalla saavutetaan tilannetietoisuus, jonka jälkeen pystytään tekemään päätöksiä tarvittavista toimenpiteistä ja suorittamaan ne. Näillä toimenpiteillä ohjataan ympäristön tilaa johonkin suuntaan, minkä vuoksi tilannetietoisuus on jälleen päivitettävä ajantasaiseksi, jotta saadaan perusta uusille päätöksille. Prosessin eri vaiheisiin vaikuttavia tekijöitä on esitetty kuvassa 3.1.

Endsleyn mallissa tilannetietoisuus on jaettu kolmeen eri tasoon siten, että tasolla yksi tilannetietoisuus on heikoin ja tasolla kolme on saavutettu korkein tilannetietoisuuden taso. Korkeamman tason tilannetietoisuus sisältää aina myös kaikki sitä edeltäneet tasot. Ensimmäinen taso muodostaa perustan tilannetietoisuudelle sisältäen tilanteen ja tavoitteiden kannalta olennaisten tietojen havainnoinnin ympäristöstä. Se, mitä tietoja ympäristöstä havainnoidaan, on sidoksissa tilanteen kontekstiin ja käytössä oleviin järjestelmiin. Eri tietojen tärkeys päätöksentekijän tavoitteiden kannalta voi vaihdella riippuen esimerkiksi ajasta tai paikasta. (Endsley 1995, s. 34–37)

Toisen tason tilannetietoisuuteen kuuluu ensimmäisen tason lisäksi ymmärrys siitä, mikä merkitys ympäristöstä havaituilla tiedoilla on suhteessa omiin tavoitteisiin. Tällöin päätöksentekijällä on kokonaisvaltainen kuva tilanteesta ja käsitys eri asioiden ja tapahtumien merkityksistä ja keskinäisistä suhteista. Päätöksentekijä voi esimerkiksi yhdistellä eri tietolähteistään saamia tietoja ja tehdä johtopäätöksiä integroidun tiedon perusteella. (Endsley 1995, s. 34–37)

Kolmas ja korkein tilannetietoisuuden taso tarkoittaa kykyä ennustaa tilanteen etenemistä. Tällöin pyritään selvittämään kuinka tilanteen kannalta merkittävien tietojen tila muuttuu lähitulevaisuudessa. Kolmas taso voidaan saavuttaa ainoastaan ensimmäisen ja toisen tason kautta. Endsleyn teoreettisen mallin mukaan tilannetietoisuus on siis paljon laajempi käsite kun vain ympäristön tapahtumien havainnoiminen. Mallin mukaan käsite on sovellettavissa mille tahansa dynaamista päätöksentekoa vaativalle toimialalle. (Endsley 1995, s. 34–37)

Toimenpiteiden valinta ja suorittaminen ovat omina vaiheinaan prosessissa ja seuraavat suoraan tilannetietoisuudesta. Endsleyn mukaan tilannetietoisuus vaikuttaa yksilön kykyyn valita tehokas ongelmanratkaisustrategia eli tehdä päätös tarvittavista toimenpiteistä. Hyvän tilannetietoisuuden avulla voidaan myös kasvattaa hyvän suorituskyvyn todennäköisyyttä, mutta tilannetietoisuus ei voi taata toimenpiteiden onnistumista. (Endsley 1995, s. 39–40; Nofi 2000 s. 44–45)

Kuvan 3.1. alaosassa, on esitetty henkilön yksilöllisistä ominaisuuksista riippuvia tekijöitä, jotka vaikuttavat päätöksentekoprosessiin. Kyky saavuttaa tilannetietoisuus on yksilöllistä, vaikka sen muodostamiseen käytettävät pohjatiedot olisivat samat. Yksilöllisiä prosessiin vaikuttavia tekijöitä ovat tiedonkäsittelytapa ja muisti. Tiedonkäsittelytapa vaikuttaa yksilön kykyyn tehdä havainnot ja käsitellä asioita yhtäaikaaisesti tai automaattisesti. Muistin osalta tilannetietoisuuteen vaikuttavat lyhytkestoinen työmuisti ja pitkäkestoinen säilömuisti. Työmuistissa on kaikki parhaillaan käytettävä tieto, jota tarvitaan ajatteluun, päättämiseen ja ongelmanratkaisuun. Työmuisti on kuitenkin kapasiteetiltaan rajallinen ja sitä kautta rajoittaa myös tilannetietoisuutta. Pitkäkestoista muistia voidaan käyttää rajallisen työmuistin tukena, jos tieto on työmuistissa käsitelty riittävän syvällisesti esimerkiksi jonkin ajatusmallin avulla. (Endsley 1995, s. 35–47)

Yksilöllisiin tekijöihin puolestaan vaikuttavat henkilön synnynnäiset ominaisuudet sekä kokemus ja harjoituksen määrä. Lisäksi yksilöillä voi olla erilaisia tavoitteita tai ennako-odotuksia, jotka vaikuttavat tilannetietoisuuden muodostamiseen. Tilannetietoisuus linkittyy läheisesti henkilön tavoitteisiin, sillä tilannetietoisuutta tarvitaan päätösten tekemiseen, joiden päämääränä on yksi tai useampi tavoite. Tavoitteet voivat muuttua tilanteen edetessä ja olla keskenään ristiriitaisia tai eriarvoisia, jolloin on tärkeää määrittää tavoitteille prioriteetit. Tavoitteet ohjaavat tilannetietoisuutta vaikuttamalla siihen, mitä elementtejä ympäristöstä havainnoidaan. Yksilön odotukset voivat joko parantaa tai heikentää havainnointikykyä. Yksilöllä voi esimerkiksi olla kokemusta tiettytyyppisestä tilanteesta, minkä kautta muodostuu jo etukäteen odotuksia tilanteen etenemisestä. (Endsley 1995, s. 35–49)

Kuvan 3.1. yläosassa on esitetty järjestelmien ja tehtävien vaikutukset prosessiin. Useissa tilanteissa havainnoitava tieto saadaan suoraan järjestelmistä, jotka hankkivat tiedon ympäristöstä. Tällöin riskinä tilannetietoisuudelle on, että järjestelmän tarjoamat tiedot ovat puutteellisia. Tämä voi johtua järjestelmän suunnittelusta tai teknisistä rajoitteista. Tilannetietoisuuden kannalta olennaista on myös se, missä muodossa järjestelmä esittää tiedon käyttäjälle. (Endsley 1995, s. 35–43) Ongelmana voi myös olla liian suuri tietomäärä tai esitetyn tiedon epäolennaisuus tilanteen kannalta (Nofi 2000, s. 49–50).

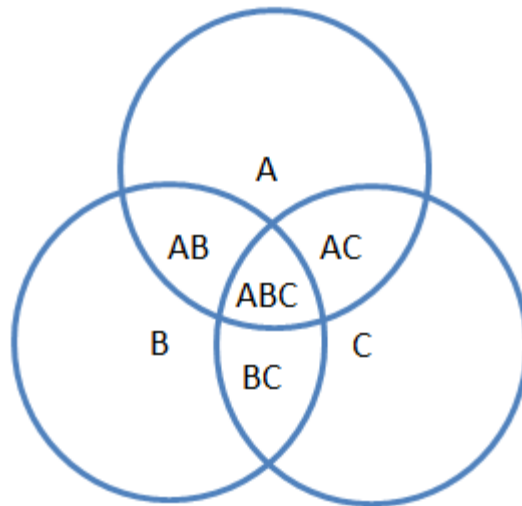
Työtehtävän tai -olosuhteiden henkilöön kohdistama stressi voi vaikuttaa tilannetietoisuuteen esimerkiksi laskemalla työmuistin kapasiteettia. Tilannetietoisuuteen vaikuttaa myös työmäärä, joka tilannetietoisuuden hankkimiseen tarvitaan. Ideaalitilanteessa korkeimman tason tilannetietoisuus voidaan saavuttaa pienellä työmäärällä. Tällöin tarvittava tieto on esitetty helposti omaksuttavassa muodossa. Järjestelmän tai tehtävän monimutkaisuus voi kuitenkin lisätä työmäärää. Monimutkaisuus usein lisääntyy, kun tavoitteiden, tehtävien tai päätösten lukumäärä kasvaa. (Endsley 1995, s. 35–54)

Myös automaatiolla on vaikutusta tilannetietoisuuteen. On todettu, että automaatiota työssään hyödyntävien henkilöiden kyky havaita järjestelmävirheitä on huonontunut ja automaatiolla suoritettavia tehtäviä ei välttämättä osata tehdä enää manuaalisesti. Tällöin tilanteet, joissa automaatio ei toimi tai automaatio toimii virheellisesti, tuottavat ongelmia järjestelmän käyttäjälle, jos tällä ei ole riittävästi tietoa järjestelmän toiminnasta. Toisaalta automaatio voi myös lisätä tilannetietoisuutta merkittävästi. Automaatiolla voidaan vähentää turhaa manuaalista työtä ja siten vähentää käyttäjän työmäärää ja nopeuttaa prosessia. Automaation avulla tietoja voidaan integroida tehokkaammin ja se voi tuottaa esimerkiksi laskelmien avulla hyvin tarkkaa tietoa. Automaatiosta voi siis olla suurta hyötyä, kun riskitekijät osataan kartoittaa. (Endsley 1995, s. 35–54)

Endsleyn teoreettisen mallin mukaan tilannetietoisuus ei kata kaikkea henkilön tietämystä, vaan ainoastaan sen osan, joka liittyy dynaamisen ympäristön tilaan. Tällöin tilannetietoisuus ei sisällä staattisia tietolähteitä kuten sääntöjä, menettelytapoja tai muistilistoja, vaikka ne olisivatkin tärkeitä päätöksenteon kannalta. (Endsley 1995, s. 36)

3.1.1.2 Ryhmän tilannetietoisuus ja jaettu tilannetietoisuus

Yksilön tilannetietoisuuden lisäksi on syytä tarkastella myös ryhmän tilannetietoisuutta (*team SA*). Tällöin useampi henkilö pyrkii muodostamaan yhteisen kuvan tilanteesta. Kullakin ryhmän jäsenellä on oma yksilöllinen tilannetietoisuutensa, mutta tavoitteena on saada jaettua kunkin ryhmän jäsenen tilannetietoisuutta riittävästi muiden jäsenten kesken siten, että ryhmä voi toimia kokonaisuutena ja päästä tavoitteisiinsa. Tilannetietoisuuden jakaminen on välttämätöntä ryhmän tilannetietoisuuden eheyden kannalta. Jotta tilannetietoisuutta voidaan jakaa, on jäsenillä oltava tarvittava määrä pohjatietoa muiden jäsenten vastuualueista. Ryhmän tilannetietoisuutta on esitetty kuvassa 3.2. (Endsley 1995, s. 38–39; Nofi 2000, s. 26–27)



Kuva 3.2. Ryhmän tilannetietoisuus (Endsley 1995; Nofi 2000).

Kuvassa 3.2 ympyröillä on mallinnettu kolmen henkilön, A, B ja C, muodostaman ryhmän tilannetietoisuutta. Ympyröiden leikkaukset kuvaavat yhteistä, jaettua tilannetietoisuutta (*shared SA*) kyseisten jäsenten välillä. Leikkaus ABC tarkoittaa sitä tilannetietoisuutta, joka on kaikilla ryhmän jäsenillä. Yksilön kaikkea tilannetietoisuutta ei yleensä ole tarpeellista jakaa muille jäsenille, vaan tilannetietoa on hankittava muilta jäseniltä oman tehtävänsä edellytysten mukaisesti. Tilannetietoisuutta voidaan jakaa esimerkiksi järjestelmien kautta, suullisesti tai kirjallisesti. Jos jonkun ryhmän jäsenen tilannetietoisuus ei ole riittävän kattava, koko ryhmän suorituskkyky voi laskea. (Endsley 1995, s. 38–39; Nofi 2000, s. 26–27)

3.1.2 Tilannekuva ja tilannekuvajärjestelmä

Termillä tilannekuva voidaan tarkoittaa useita asioita. Suomessa tilannekuvaa käytetään usein korvaamaan kansainvälistä termiä ”tilannetietoisuus”. Lisäksi sillä voidaan tarkoittaa koottua esitystapaa tilannetiedolle, joka tukee tilannetietoisuutta. Toisinaan tilannekuvalla tarkoitetaan laajempaa käsitettä, joka pitää sisällään kummatkin edellä mainituista määritelmistä. Aihepiirin termien käyttö on ollut sekavaa ja niiden merkitys on jäänyt epäselväksi. Viimeaikoina aihepiiriä on kuitenkin tutkittu enemmän Suomesakin ja käsitteitä on pyritty selkeyttämään ja erottelemaan, jotta ne vastaisivat kansainvälisesti käytettäviä termejä. Esimerkiksi valtioneuvoston tekemässä yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisstrategiassa käytettiin vuonna 2003 ja 2006 ainoastaan termiä tilannekuva, jolla viitattiin tilannetietoisuuteen. Vuonna 2010 yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa tilannetietoisuus ja tilannekuva eriytettiin kuitenkin omiksi käsitteiksi ja tilannekuva sai uuden merkityksen.

Kyseisen turvallisuusstrategian mukaan tilannekuva on ”tarpeen perusteella valittu yksittäisistä tiedoista koottu esitys tilanteesta tai suorituskyyvistä, mikä antaa perusteet tilannetietoisuudelle” (VNpp 2010). Prosessi sisältää tiedon keräämisen eri tietolähteistä, informaation kokoamisen, luokittelun ja analysoinnin sekä tilannekuvan jakamisen eri toimijoille. Kunkin toimijan tulisi saada oman toimintansa kannalta oleellinen tieto. (VNpp 2010)

Tilannekuva tukee tilannetietoisuuden saavuttamista, joten sen kautta käy ilmi menneet tapahtumat, vallitsevat olosuhteet sekä arviot tilanteen kehittymisestä. Tilannekuva voi sisältää esimerkiksi kuvia, tekstiä tai kaavioita. Tilannekuvan visualisointi vaikuttaa olennaisesti siihen, kuinka nopeasti ja helposti päätöksentekijä pystyy tekemään riittävät päätelmät ja tulkinnat tilanteesta. (VTT 2010)

Yhteiskunnan turvallisuusstrategian mukaan tilannekuvia on monentyyppisiä. Tilannekuva voi olla määrääjain laadittu yleisarvio tai yksityiskohtaisempi analyysi jostain aiheesta. Esimerkki tällaisesta tilannekuvasta on Verohallinnon kahdesti vuodessa julkaisema tilannekuva harmaan talouden ajankohtaisesta tilanteesta (Vero 2014). Tilannekuva voi myös olla esimerkiksi päivittäin laadittu katsaus tai tietojärjestelmästä saatavilla oleva tapahtumakooste. Häiriötilanteissa käytetään kuitenkin operatiivista tilannekuvaa, jonka tarkoitus on sisältää mahdollisimman reaaliaikaista tietoa ja mahdollistaa tilanteen hallinta ja johtamistoiminta. (VNpp 2010)

Tilannekuvajärjestelmä on järjestelmä, jonka avulla tilannekuva voidaan luoda ja välittää eteenpäin muille tahoille. (VTT 2010) Tilannekuvia ja tilannekuvajärjestelmiä on käytössä paljon eri aloilla. Useat järjestelmätoimittajat ovat alkaneet valmistaa asiakkaalle räätälöityjä tilannekuvajärjestelmiä.

3.2 Tilannekuva sähköverkkoyhtiössä

Sähköverkkoyhtiöillä on Suomessa lainsäädännöllinen velvoite tilannekuvatoimintaan. Vuoden 2013 syyskuussa tuli voimaan uusi sähkömarkkinalaki, johon oli lisätty muun muassa seuraava pykälä verkonhaltijoiden yhteistoimintavelvollisuudesta häiriötilanteissa (Sähkömarkkinalaki 588/2013):

Verkonhaltijan on toimittava häiriötilanteissa häiriöiden poistamiseksi ja niiden vaikutusten rajoittamiseksi yhteistyössä muiden sähköverkonhaltijoiden ja toiminta-alueensa pelastusviranomaisten, poliisin, kuntien viranomaisten ja tieviranomaisten sekä muiden yhdyskuntateknisten verkkojen haltijoiden kanssa. Verkonhaltijan on osallistuttava häiriötilanteissa toiminta-alueeseensa liittyvän tilannekuvan muodostamiseen ja toimitettava tilannekuvan muodostamisesta vastaavalle viranomaiselle sitä varten tarvittavat tiedot.

Laki edellyttää sähköverkkoyhtiöitä osallistumaan yhteisen tilannekuvan muodostamiseen ja toimittamaan siihen tarvittavat tiedot tilannekuvan muodostamisesta vastaavalle viranomaiselle häiriötilanteissa. Laki ei kuitenkaan ota kantaa siihen, mitä tietoja on toimitettava tai missä muodossa tietojen on oltava.

Konsulttitoimisto Reneco teki Energiateollisuus ry:lle vuonna 2012 selvityksen jakeluverkkoyhtiöiden toiminnasta suurhäiriössä. Selvityksen mukaan verkkoyhtiön tilannekuvan laatu ja sen muodostamisnopeus ovat merkittäviä tekijöitä häiriötilanteen toiminnan tehokkuuden kannalta. Verkkoyhtiössä tilannekuvaa voidaan hyödyntää muun muassa häiriön johtamisessa, käyttötoiminnassa, asiakaspalvelussa ja viestinnässä. Tilannekuvan kautta voidaan välittää tietoa eri sidosryhmille kunkin tarpeen mukaisesti. (Reneco 2012, s. 12)

Sähköverkkoyhtiön tilannekuva voi pitää sisällään esimerkiksi tietoja verkosta ja kytkentätilanteesta, vioista, myrskytuhoista, asiakkaista ja asiakkaiden prioriteeteista, säätilasta, resursseista, materiaaleista ja tehtävistä. Olennaista on, että tilannekuva pysyy mahdollisimman reaaliaikaisena. Tämä on mahdollista siten, että tiedot tilannekuvaan tulevat pääasiassa suoraan taustajärjestelmistä. Lisäksi tietoja voidaan saada asiakasilmoituksina, kenttähenkilöstön kautta maastosta, helikopteritarkastuksista sekä maastossa partioimalla ja tiedustelemalla. (Reneco 2012)

Reaaliaikaisen tilannekuvan avulla voidaan mahdollistaa häiriön tehokas johtaminen, häiriön keston arviointi, viankorjauksen painopisteiden määrittäminen, resurssien käytön optimointi, työmäärän arviointi, materiaalitilausten mitoitus, viankorjausaikojen alueellinen arviointi ja tiedon jakaminen nopeasti häiriön kaikille osapuolille ja sidosryhmille. Mitä suurempi häiriö on kyseessä, sitä tärkeämpi laadukas ja luotettava tilannekuva on. (Reneco 2012)

Haasteena verkkoyhtiöille on keskitetyn tilannekuvan muodostaminen nykyisillä tietojärjestelmillä (Reneco 2012, s.120). Ratkaisuna voisi olla vanhojen järjestelmien kehittäminen tai erillinen tilannekuvajärjestelmä. Varsinkin suurilla verkkoyhtiöillä tietomäärä on todella suuri, mikä voi vaikeuttaa kokonaisuuden hahmottamista (Reneco 2012, s.120).

3.3 Käytössä olevia tilannekuvia

Tässä luvussa esitellään Suomessa verkkoyhtiöillä tällä hetkellä käytössä olevia tilannekuvajärjestelmiä sekä yhteiskunnan laajuisia tilannekuvahankkeita häiriötilanteiden hallintaan, joissa sähköverkkoyhtiöt ovat olennaisessa asemassa.

3.3.1 Sähköverkkoyhtiöiden tilannekuvajärjestelmiä

Käytönvalvontajärjestelmä ja käytöntukijärjestelmä ovat jo kauan käytössä olleita tilannekuvaa tuottavia järjestelmiä, joita verkkoyhtiöt käyttävät häiriönaikaisessa päätöksenteossään. Viime vuosina laajasti yleistyneet häiriökartat esittävät puolestaan sähkökatkotietoa verkkoyhtiön asiakkaille ja muille sidosryhmille. Uusia järjestelmäratkaisuja verkkoyhtiön tilannekuvan hallintaan on kehitetty ja tässä luvussa esitellään Tiedon toteuttama GridWise-tilannekuvajärjestelmä. Lisäksi käsitellään useiden toimijoiden välisiä yhteisiä tilannekuvia häiriötilanteen hallintaan koko yhteiskunnan tasolla.

3.3.1.1 SCADA

Käytönvalvontajärjestelmää eli SCADAa (*supervisory control and data acquisition*) käytetään prosessien keskitettyyn valvontaan. SCADA kerää reaaliaikaista prosessidataa ala-asemilta pääasemalle, jossa analysoitu tieto esitetään ja prosessia valvotaan keskitetysti. Pääaseman käyttöliittymän kautta voi olla myös mahdollista syöttää komentoja järjestelmään. SCADA on tärkeässä roolissa useilla eri aloilla esimerkiksi tuotantoprosesseissa, siirto- ja jakeluprosesseissa, kuljetusprosesseissa sekä simuloinneissa. (Bayliss & Hardy 2007) Tässä luvussa SCADAa käsitellään sähkönjakelun näkökulmasta.

Verkkoyhtiöissä SCADAn avulla valvotaan ja ohjataan sähkönjakeluprosessia keskitetysti. SCADA sisältää sähköverkon reaaliaikaisen kytkentätilanteen, joka perustuu ala-asemilta tietoliikenteen kautta saataviin mittaus-, tila- ja tapahtumatietoihin. (Verho 2012) SCADAn päätoimintoja ovat tapahtumatietojen hallinta, verkon kytkentätilanteen hallinta, kauko-ohjaukset, kaukomittaukset, kaukoasettelut ja raportointi (Lakervi & Partanen 2012).

SCADA on tietojärjestelmä, joka sisältää varmenneet tietokoneet, sovellusohjelmat, käyttöliittymän ja liitännät tiedonsiirtojärjestelmiin. SCADAn avulla saadaan ajantasais- ta tietoa sähkönjakeluprosessista ja sen kautta toteutetaan useita kriittisiä toimintoja. Järjestelmän toiminta on turvattava kaikissa tilanteissa, erityisesti silloin kun kaikki muut toiminnot ovat häiriintyneet. Haastavia tilanteita ovat esimerkiksi pitkät sähkökatkot, jotka aiheuttavat häiriöitä tietoliikenneyhteyksille. (Lakervi & Partanen 2012)

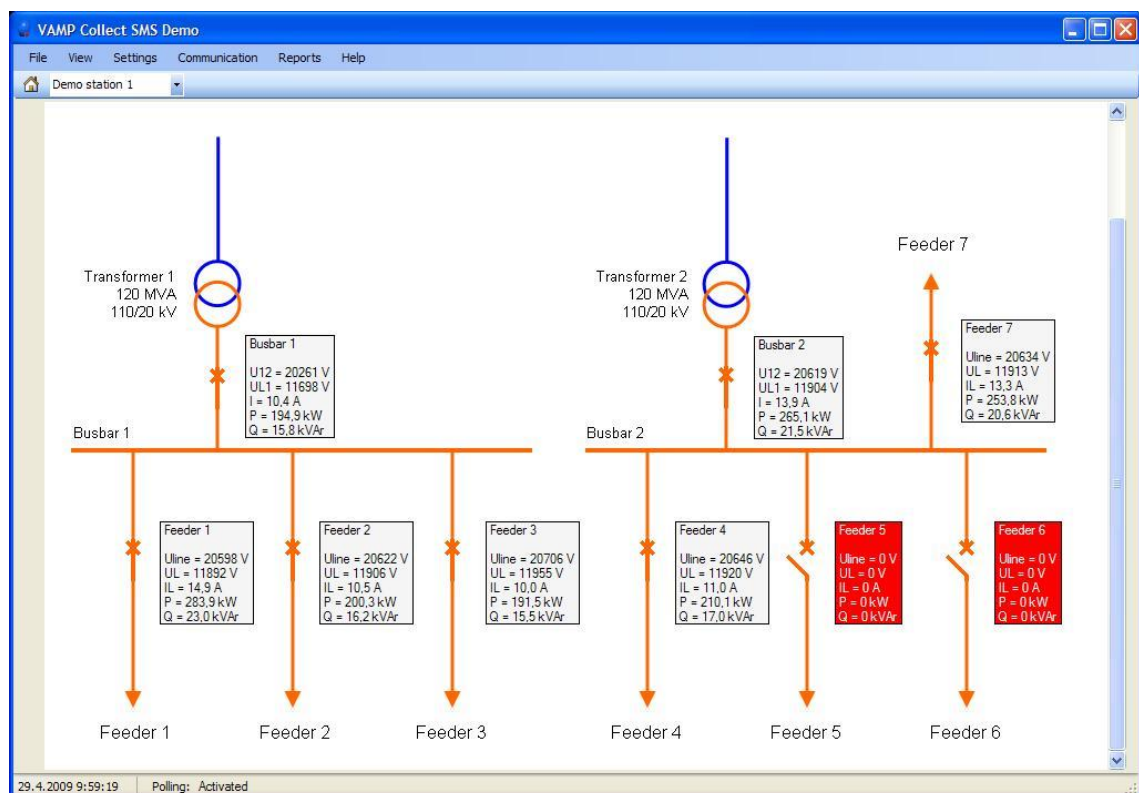
SCADAssa on kuvattuna tarkasti sähköasemat ja niiden laitteistot. Verkko on sen sijaan kuvattu yleisluonteisemmin ilman tarkkoja tietoja verkon komponenteista, kuormituksista tai asiakkaista. Tapahtumatietojen hallinnan kautta järjestelmään tulee tieto suojareleiden toiminnoista, kytkinlaitteiden tilamuutoksista sekä vianilmaisimien ja käämikytkinten toiminnoista. (Lakervi & Partanen 2012)

Verkko- ja tapahtumatietojen avulla SCADAssa voidaan ylläpitää tietoa jakeluverkon reaaliaikaisesta kytkentätilasta. Kauko-ohjattavien kytkinlaitteiden tilatiedot saa-

daan automaattisesti SCADAan, mutta käsin ohjattavien kytkinlaitteiden tilat päivitetään järjestelmään manuaalisesti. Jakeluverkon kytkentätilan hallinta on kriittistä turvallisuuden kannalta ja sen menettäminen olisi kohtalokasta erityisesti suurhäiriötilanteessa. (Lakervi & Partanen 2012)

Kauko-ohjaustoimintojen avulla voidaan muuttaa verkon kytkentätilannetta ohjaamalla kauko-ohjattavia kytkinlaitteita kiinni tai auki. Kaukomittauksella mitataan tyyppillisesti sähköasemien kiskojännitteet ja keskijännitelähtöjen virtamittaukset. Lisäksi SCADAan voidaan siirtää kennoterminaalien asetteluarvot ja niiden mitaamat virrat. Suojareleiden asetteluarvoja voidaan muuttaa kaukoasettelujen avulla. (Lakervi & Partanen 2012)

SCADA voi siis tuottaa tilannekuvaa sähköjakeluverkon kytkentätilanteesta esimerkiksi kuvan 3.3 tapaisena kaaviona, jossa esitetään verkon rakenne, kytkinten tilat ja ala-asemien mittaustiedot.



Kuva 3.3. VAMP Collect SMS demonstraation kaavio vastaa SCADAn käyttämää esitystapaa sähköverkon kytkentätilanteelle (VAMP 2014).

SCADA sisältää siis ainoastaan välttämättömimmät tiedot prosessin valvontaan. Häiriötilanteissa prosessidataa on kuitenkin pystyttävä yhdistämään esimerkiksi asiakastietoihin, tarkkoihin verkkotietoihin ja maantieteellisiin sijainteihin, mikä ei ole mahdollista SCADAssa, vaan siihen tarvitaan käytöntukijärjestelmää.

3.3.1.2 Käytöntukijärjestelmä

Käytöntukijärjestelmä eli DMS (*distribution management system*) on ohjelmistokokonaisuus, joka sisältää monipuolisia sovelluksia toimien käyttötoiminnan päätöksenteon tukena. Käytöntukijärjestelmä sisältää paljon erilaisia analyysi- ja päätteilytoimintoja, mikä erottaa sen SCADASTA, joka vain kerää ja välittää tietoa tehokkaasti. (Lakervi & Partanen 2012)

Käytöntukijärjestelmän toimintojen perustana on verkkoyhtiön eri tietojärjestelmien tietojen hyödyntäminen. Käytöntukijärjestelmä saa tietonsa SCADAn lisäksi verkkotieto-, asiakastieto- ja karttatietojärjestelmistä. Eri tietolähteiden tietoja yhdistämällä on mahdollista kehittää toimintoja verkoston normaalitilan seurantaan, käytön suunnitteluun sekä häiriötilanteiden hallintaan. (Lakervi & Partanen 2012)

Käytöntukijärjestelmä tarjoaa graafisen esityksen verkon kytkentätilanteesta. SCADAn kaaviosta poiketen käytöntukijärjestelmässä esitettävä tieto pohjautuu maastokarttaan, jonka päälle on visualisoitu yksityiskohtaisesti sähköverkon komponentit niiden sijaintitietojen mukaisesti. Lisäksi käytöntukijärjestelmässä kytkentätilannetta on visualisoitu siten, että jännitteiset ja jännitteettömät verkonosat on väritetty eri tavoin, mikä helpottaa keskeytysten hallintaa.

Normaalitilan seurannan pääsovelluksia ovat kytkentätilanteen ylläpito, verkon sähkötekniikan tilan reaaliaikainen laskenta ja analyysi sekä työryhmien sijaintitietojen seuranta. Häiriötilanteiden hallinnassa on eri sovelluksia keskijänniteverkon ja pienjänniteverkon vikojen hallintaan. Keskijänniteverkon vikatilanteiden hallintaan liittyviä toimintoja ovat muun muassa laskennallinen vikapaikan määrittäminen, vianselvitykseen liittyvien kytkentöjen suunnittelu ja mahdollisesti niiden automaattinen suorittaminen, asiakkaiden häiriöilmoitusten käsittely automaattisen puhelinvastaajan avulla, salamanpaikannusjärjestelmän hyödyntäminen, työryhmien seuranta sekä keskeytysraportointi. (Lakervi & Partanen 2012) Mikäli verkkoyhtiöllä on käytössä asiakkaiden tekstiviestipalvelu, voidaan tekstiviestejä lähettää käytöntukijärjestelmän kautta.

Pienjänniteverkkojen vikojen hallinnassa avustavia toimintoja ovat muun muassa pienjänniteverkon tilaseuranta, kytkentätilan ylläpito, häiriötilanteiden hallinta ja asiakaspalvelu. Pienjänniteverkossa näkyvät kaikki verkon komponentit sekä liittymispisteet asiakastietoineen. (Lakervi & Partanen 2012) Asiakkaiden vikailmoitukset lisätään suoraan käytöntukijärjestelmään asiakaspalvelussa, jonka jälkeen käyttöhenkilöstö voi perustaa niistä keskeytyksiä. Lisäksi käytöntukijärjestelmään voidaan saada tietoja asiantuntijoiden asennetuista älymittareista, mikä helpottaa pienjänniteverkon hallintaa.

Käytöntukijärjestelmä muodostama tilannekuva on keskeisessä asemassa häiriötilanteiden hallinnassa. Suurhäiriöorganisaatiossa lähes kaikissa rooleissa hyödynnetään käytöntukijärjestelmästä saatavaa tietoa. Sähköverkko on esitetty karttapohjalla ja kytkentätilanne havainnollistettu värien avulla. Tyypillisesti jännitteetön verkko esitetään valkoisella värillä. Kartalla voidaan esittää muutakin tietoa, kuten työryhmien sijaintitietoja, kriittisiä asiakkaita, ilmoitettuja vikapaikkoja, älymittareiden hälytyksiä tai käyttäjien lisäämiä muistilappuja.

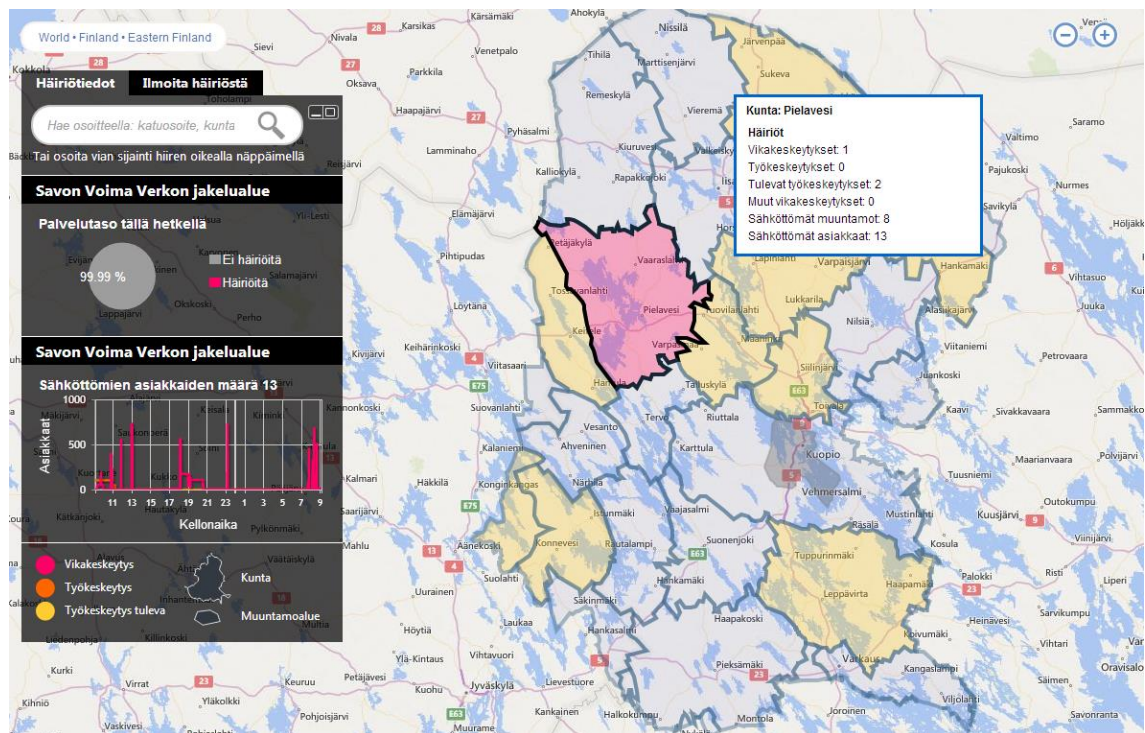
3.3.1.3 Häiriökartta

Häiriökartta on sähköverkkoyhtiön asiakkaille, sidosryhmille ja medialle suunnattu palvelu, jonka kautta saadaan informaatiota sähkökatkoista. Häiriökartat ovat usein selaimella käytettäviä web-pohjaisia palveluja, jotka ovat käytettävissä sähköverkkoyhtiöiden Internet-sivuilla. Häiriökarttoja on käytössä jo suurella osalla Suomen sähköverkkoyhtiöistä. Muualla maailmassa sähkökatkokarttoja on käytössä ainakin Yhdysvalloissa, Kanadassa, Iso-Britanniassa, Norjassa, Ruotsissa ja Virossa.

Viimevuosien aikana häiriökarttojen rooli on kasvanut merkittävästi suomalaisten verkkoyhtiöiden tiedottamisessa. Uuden sähkömarkkinalain mukaan jakeluverkonhaltija on velvollinen tiedottamaan asiakkaitaan vian tai keskeytyksen kestosta ja laajuudesta, jos sähköjakelu keskeytyy merkittävässä laajuudessa. (Sähkömarkkinalaki 588/2013) Häiriökartta on tehokas tapa tiedottaa asiakkaita, sillä keskeytystiedot tulevat suoraan käytöntukijärjestelmästä reaaliajassa, eikä palvelu vaadi ylimääräisiä manuaalisia toi-

menpiteitä sähköverkkoyhtiön henkilökunnalta. Tieto on helposti ja yhtäaikaaisesti kaikkien asiakkaiden saatavilla.

Verkkoalueen koosta riippuen, häiriökartoissa voi olla useita tarkastelutasoja. Monissa häiriökartoissa sähkökatkotietoja voi tarkastella esimerkiksi maakunta- tai kuntatasolla, koko verkkoalueen tasolla ja yksittäisten muuntamoiden tasolla. Jotkut häiriökartat tarjoavat tietoa jopa käyttöpaikkakohtaisesti. Ylemmältä tasolta tarkasteltaessa tiedot eivät ole yhtä yksityiskohtaisia, vaan yleensä ilmoitetaan vain vikojen ja sähköttömien asiakkaiden määrä kyseisellä alueella, kuten kuvassa 3.4.



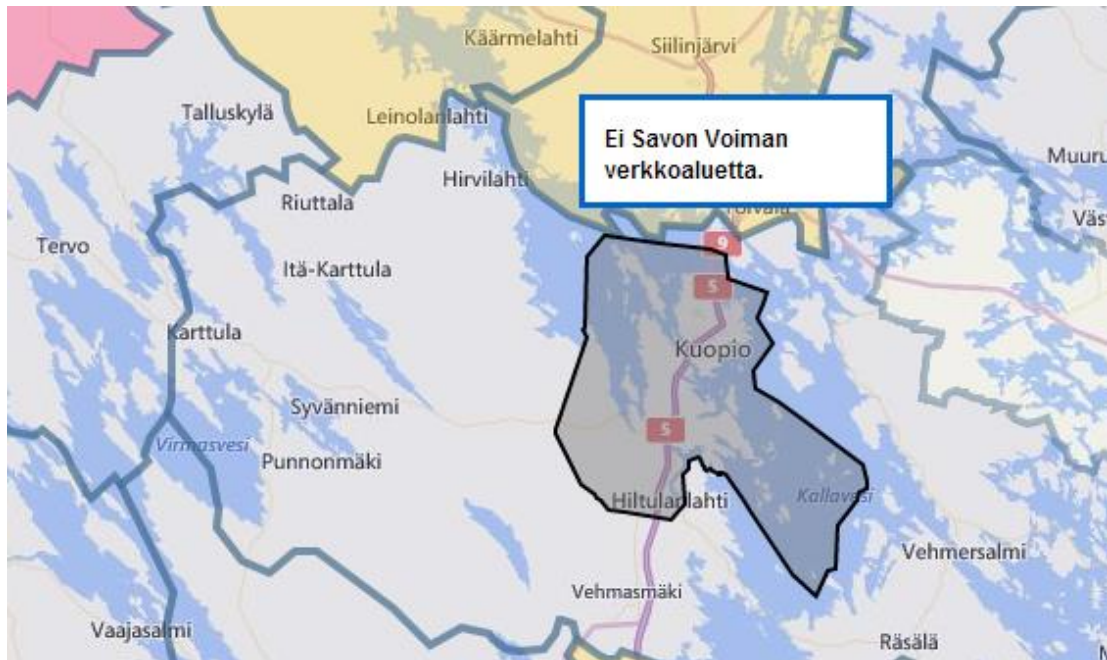
Kuva 3.4. Savon Voiman sähkökatkokartassa keskeytyksen piirissä olevat kunnat on väritetty eri väreillä riippuen siitä, onko alueella vikakeskeytys, työkeskeytys vai tuleva työkeskeytys (Savon Voima 2014).

Julkisesti jaettavan sähkökatkotiedon tarkkuus jakaa mielipiteitä verkkoyhtiöiden keskuudessa. Esimerkiksi Elenia ei halua antaa häiriökartan kautta niin tarkkaa tietoa, että sen perusteella saa selville sähkökatkon piirissä olevat käyttöpaikat. Tällainen tieto voi muodostua turvallisuusriskiksi, sillä sähköttömiä asuntoja tai liiketiloja voidaan pitää helppoina murtautumiskohteina. Ainakin Googlen karttapalveluihin pohjautuvissa häiriökartoissa karttapohjaa voi tarkastella myös satelliittikuvana. Kuvassa 3.5 näkyy, kuinka tarkkaa tietoa häiriökartasta saadaan, jos satelliittikuvan yhdistää käyttöpaikka-kohtaiseen katkotietoon.



Kuva 3.5. Satelliittikuva näyttää tarkasti yksittäiset kiinteistöt (Korpelan Voima 2014).

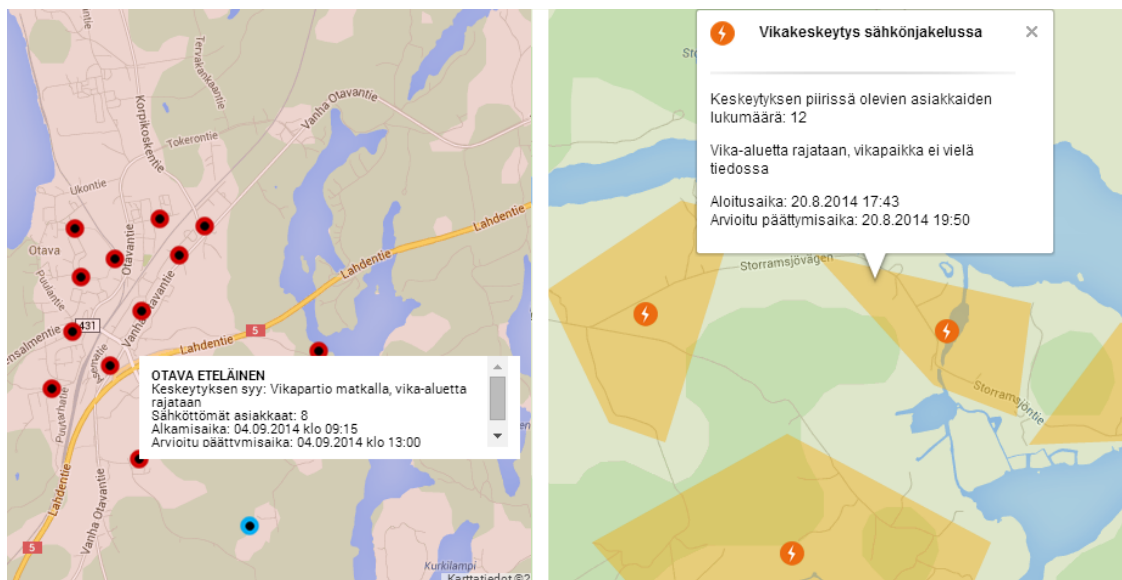
Suurten verkkoyhtiöiden verkkoalueiden sisällä on usein pinta-alaltaan pienempiä verkkoyhtiöitä. Yhtiön verkkoalueen selkeä merkintätapa kartalle ja verkkoalueen sisällä olevien toisille yhtiöille kuuluvien alueiden erottaminen yhtiön omasta alueesta selkeyttävät tilannekuvaa. Tällöin myös väärää verkkoyhtiötä koskevat yhteydenotot vähenyvät. Esimerkiksi Savon Voiman muuten yhtenäisen verkkoalueen sisällä on kaupunkiverkkoyhtiö Kuopion Energia, jonka on erotettu muusta alueesta kuvan 3.6 mukaisesti.



Kuva 3.6. Kuopion Energian verkkoalue keskellä Savon Voiman verkkoaluetta (Savon Voima 2014).

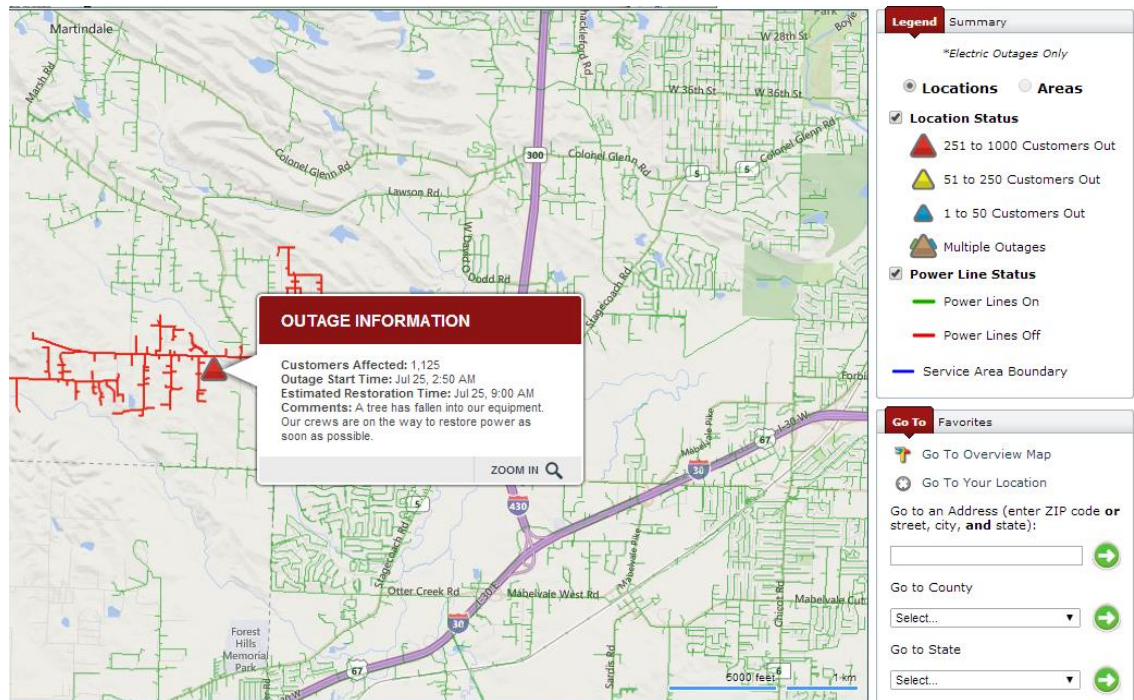
Erityisesti tulee välttää antamasta virheellistä tietoa toisen yhtiön alueelta.

Yksittäisen muuntopiirin keskeytykset on mallinnettu karttapohjalle tyypillisesti omina symboleinaan tai rajattuna maantieteellisenä alueena, kuten kuvan 3.7 häiriökartoissa. Visualisoinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi värejä sekä erilaisten symboleiden kokoa ja muotoa.



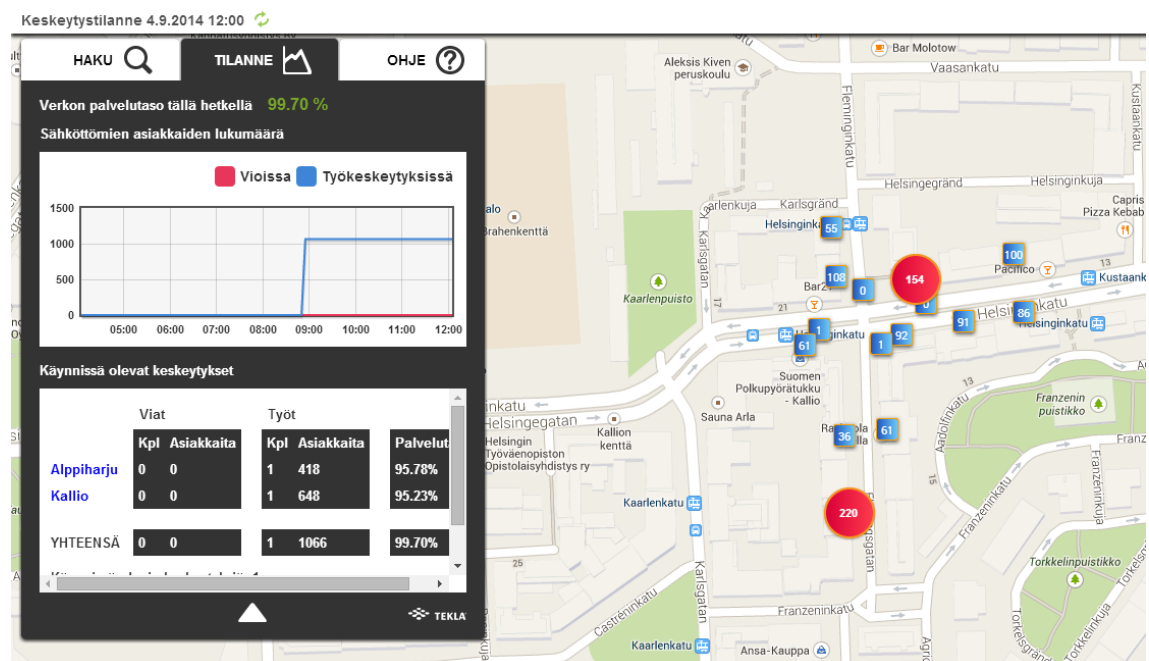
Kuva 3.7. Järvi-Suomen Energian sähkökatkokartassa (vasemmalla) esitetään vikakatkokot punaisilla symboleilla, joita hiirellä koskettamalla saa näkyviin vikakohtaiset tilan tiedot (Järvi-Suomen Energia 2014). Carunan häiriökartassa (oikealla) vikaantuneet alueet on puolestaan väritetty kartalle (Caruna 2014).

Joihinkin häiriökarttoihin on mallinnettu myös sähköverkko, josta sähkötön osa on korostettu eri värillä samaan tapaan kuin käytöntukijärjestelmässä. Esimerkki tällaisesta häiriökartasta on kuvassa 3.8.



Kuva 3.8. Entergyn häiriökartassa sähkötön osa verkosta on merkitty punaisella. Lisäksi symbolin väri ja koko kertoo sähköttömien asiakkaiden määrän. (Entergy 2014)

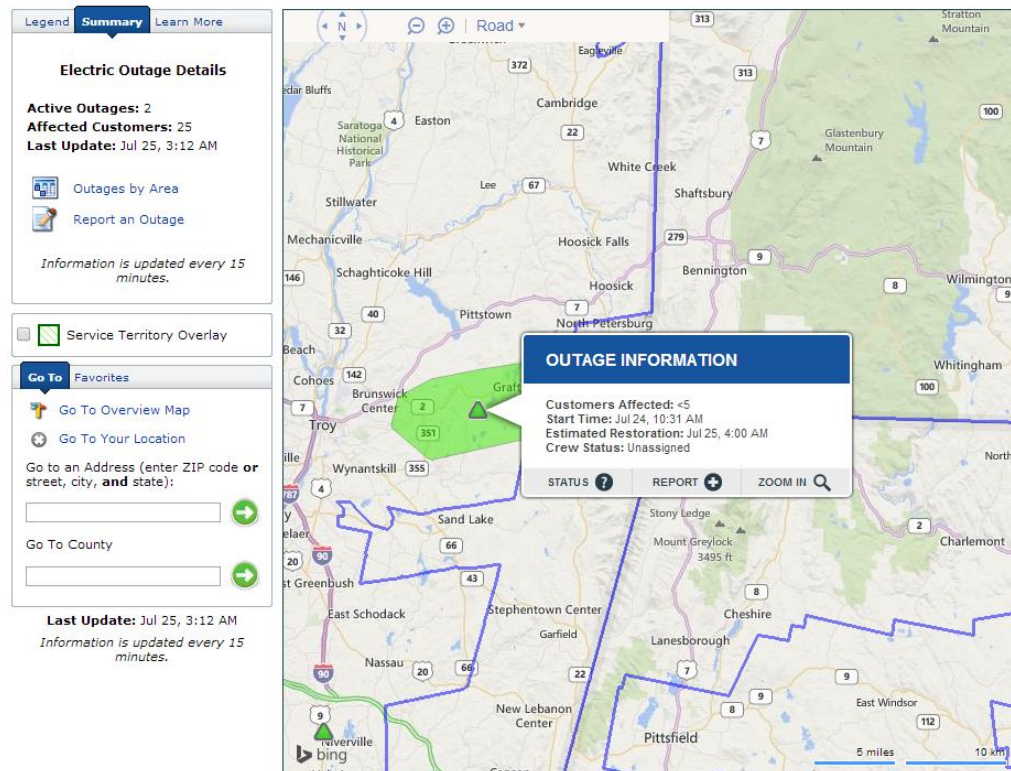
Kuvan 3.9 häiriökartassa lähekkäin olevat keskeytykset on ryhmitelty isomman symbolin alle. Yksittäiset keskeytyssymbolit saa esiin zoomaamalla karttaa lähemmäs klustereita.



Kuva 3.9. Helsingin energian häiriökartassa symbolin sisällä oleva luku kertoo sähköttömien asiakkaiden määrän (Helsingin energia 2014).

Sähkökatkon tiedoissa voidaan ilmoittaa esimerkiksi seuraavia tietoja: keskeytyksen alkamisaika ja arvioitu päättymisaika, keskeytyksen piirissä olevien asiakkaiden määrä,

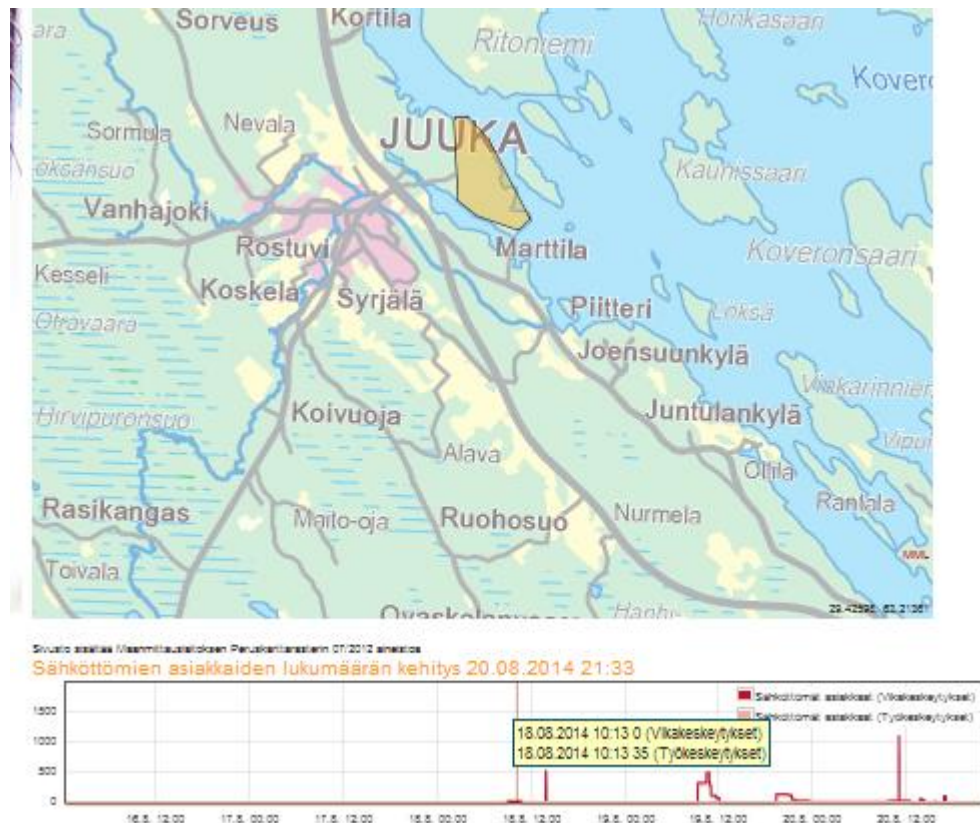
keskeytyksen syy, viankorjauksen vaihe ja työryhmän tila. Suomessa verkkoyhtiöiden häiriökartoissa ei ole yleensä ilmoitettu työryhmän tilaa, mutta esimerkiksi kuvan 3.10 Yhdysvaltalaisen verkkoyhtiön häiriökartassa näin on tehty.



Kuva 3.10. Yhdysvaltalaisen National Gridin häiriökartassa keskeytyksen tiedoissa on ilmoitettu myös työryhmän tila (National Grid 2014).

Häiriökarttojen välillä on eroavaisuuksia niissä esitettävien vikojen suhteen. Joissain häiriökartoissa esitetään vain keskijänniteverkon viat, mutta esimerkiksi Elenian häiriökartassa näkyy niiden lisäksi myös tiedossa olevat pienjänniteverkon viat, joista on perustettu keskeytys käytöntukijärjestelmään.

Vikatietojen lisäksi häiriökartoista saa usein paljon muutakin tietoa. Useimmissa häiriökartoista löytyy tieto tämänhetkisistä ja tulevista työkeskeytyksistä. Lisäksi uusimmissa häiriökartoissa voi seurata verkkoyhtiön palvelutasoa ja sähköttömien asiakkaiden määrän kehitystä ajan suhteen. Karttojen käyttöä helpottavat hakutoiminnot ja käyttäjän paikantaminen. Kuvan 3.11 Pohjois-Karjalan sähkön häiriökartassa voi sähköttömien asiakkaiden määrää tarkastella alueittain useita päiviä taaksepäin.



Kuva 3.11. Häiriökartan kautta voi tarkastella vika- ja työkeskeytyksiä viimeisen viiden päivän ajalta (PKS 2014).

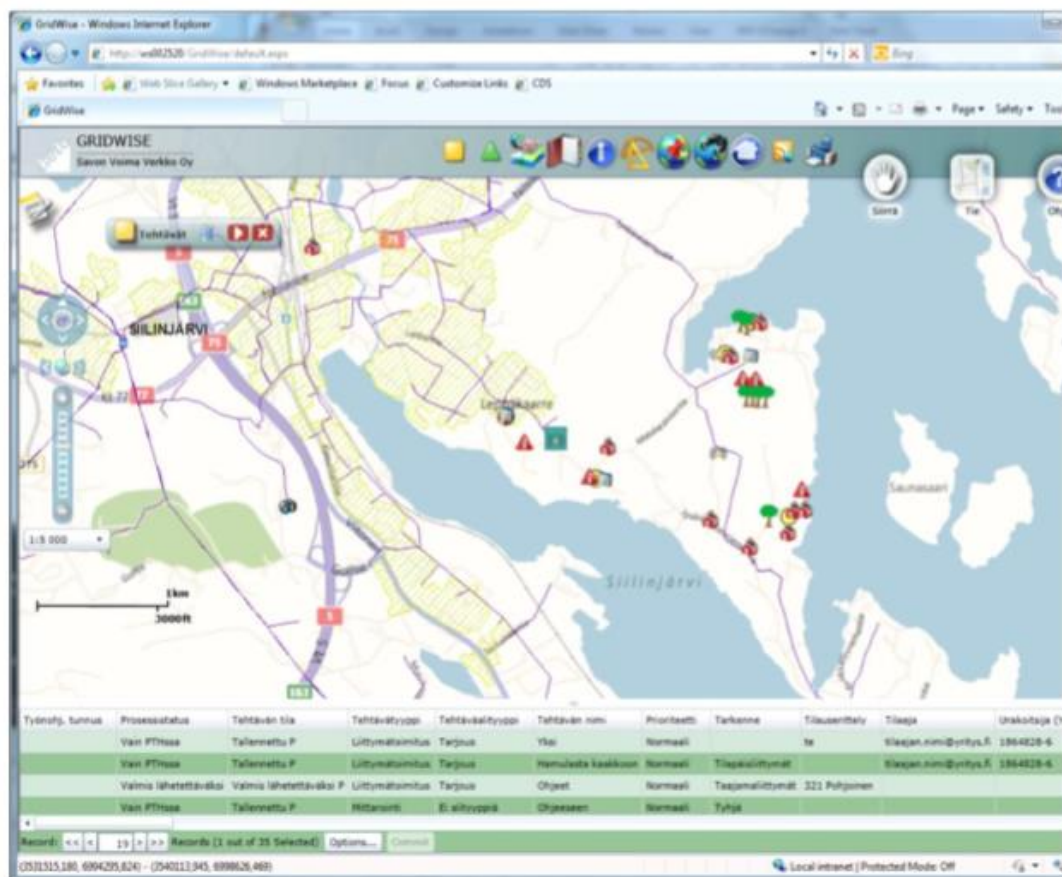
Nykyaikana on tärkeää, että häiriökartat toimivat myös mobiililaitteilla, sillä akun varassa toimivat laitteet ovat ensisijaisia tiedonlähteitä sähkökatkojen aikana. Mobiililaitteiden akkuja on helppo ladata sähkökatkon aikana esimerkiksi autossa.

Häiriökartan avulla saa hyvän yleiskuvan häiriön vakavuudesta ja laajuudesta koko verkkoalueella. Häiriökartta vähentää verkkoyhtiön asiakaspalvelun kuormitusta, mikä on merkittävää erityisesti suurhäiriöissä, jolloin vikapuhelinpalvelu ruuhkautuu ja vastausajat pitenevät. Suurin tarve häiriökartalle onkin juuri suurhäiriötilanteissa, jolloin palvelun käyttäjien määrä kasvaa moninkertaiseksi normaalitilanteeseen verrattuna. Häiriökartan kapasiteetin tulee olla riittävä.

Häiriökartta toimii verkkoyhtiön asiakkaiden tilannekuvana häiriötilanteissa, mutta sillä voi olla paljon muitakin käyttäjiä. Häiriökarttaa käytetään usein verkkoyhtiön sisällä tilanteen seuraamiseen ja asiakkaiden lisäksi verkkoyhtiön muut sidosryhmät kuten urakoitsijat, pelastuslaitos, kunnat ja media saavat tietoa häiriökartan kautta. Vastaavallaisia reaaliaikaisia häiriökarttoja käytetään muillakin toimialoilla. Esimerkiksi tietoliikenneverkon, puhelinverkon ja lämmönsiirtoverkon häiriöiden tiedotuksessa hyödynnetään häiriökarttoja.

3.3.1.4 GridWise

Suomessa verkkoyhtiöiden häiriönaikainen tilannekuva pohjautuu hyvin vahvasti käytöntukijärjestelmän luomaan tilannekuvaan. Vuonna 2012 valmistui Tiedon ja Savon Voima Verkon yhdessä kehittämä reaaliaikainen tilannekuvajärjestelmä GridWise. GridWise tarjoaa reaaliaikaisen kuvan jakeluverkon kytkentätilanteesta, vikatilanteesta ja resursseista. Lisäksi tilannekuvan kautta voidaan esittää asiakkaista, materiaaleista ja säätiedoista. Järjestelmä toimii kuvassa 3.12 esitetyllä selainpohjaisella käyttöliittymällä. (Tieto 2014)



Kuva 3.12. GridWise tilannekuvajärjestelmän käyttöliittymä (Tieto 2014).

Verkkoyhtiön lisäksi järjestelmän kautta voidaan jakaa tilannekuvaa myös sidosryhmille. Järjestelmää voidaan käyttää myös mobiililaitteilla, jolloin se on myös maastossa liikkuvien urakoitsijoiden käytettävissä. (Tieto 2014)

3.3.2 Yhteiskunnan toimintaa häiriötilanteissa tukevia tilannekuvahankkeita

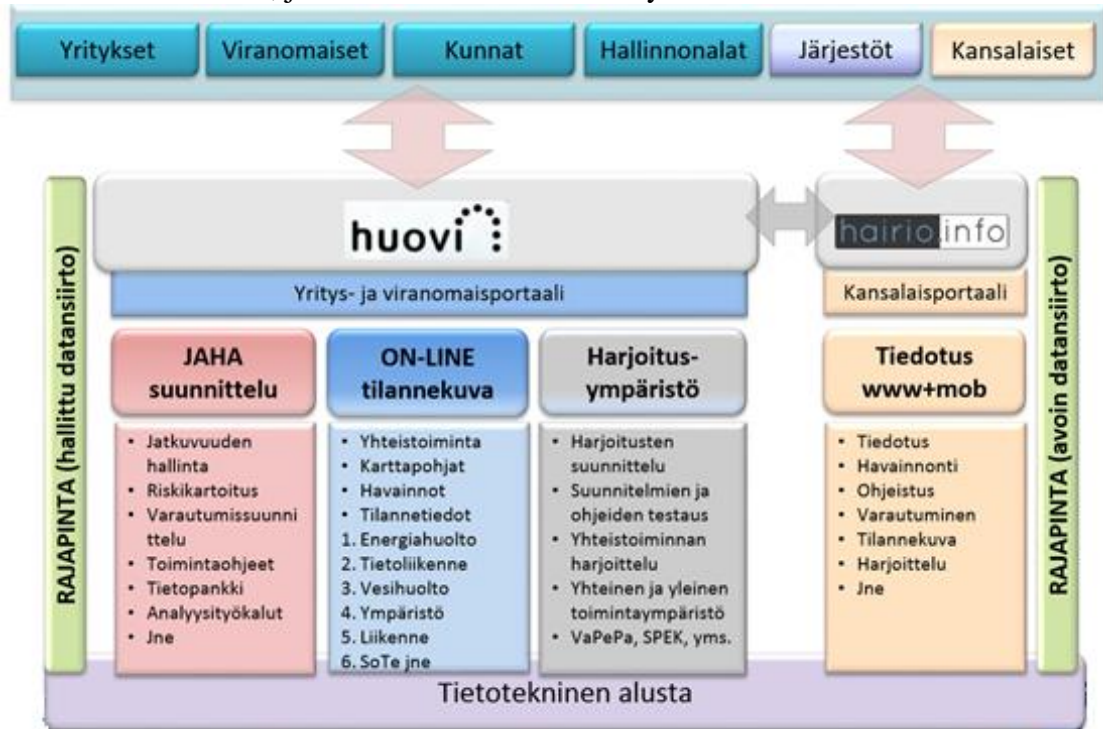
Yhteiskunnan toimimiseksi häiriötilanteista mahdollisimman nopeasti, on eri häiriötilanteen hallintaan osallistuvien toimijoiden tehtävä yhteistyötä. Häiriötilanteissa useat toimijat ovat riippuvaisia toistensa toiminnasta, minkä takia toimijoiden tulisi jakaa toisilleen tilannetietoa omasta toiminnastaan. Toisaalta useimmat toimijat tarvitsevat häiriönaikaiseen päätöksentekoonsa samoja tietoja, jolloin on järkevää koota yksi yhteinen tilannekuva kaikille toimijoille. Tässä luvussa esitellään Suomessa kehitteillä olevia tilannekuvahankkeita huoltovarmuuden parantamiseksi sekä Kanadassa toteutettu MASAS-järjestelmä.

3.3.2.1 HUOVI-portaali ja hairio.info-palvelu

Huoltovarmuuskeskuksen tehtävänä on Suomen huoltovarmuuden ylläpitämiseen ja kehittämiseen liittyvä suunnittelu ja operatiivinen toiminta. Huoltovarmuuskeskuksen ylläpitämä HUOVI-portaali tukee huoltovarmuuskriittisten toimijoiden varautumista vakaviin häiriötilanteisiin parantamalla liiketoiminnan toimintavarmuutta. Portaalin kautta tarjotaan muun muassa työkaluja, ohjeita ja koulutusta riskienhallinnan ja jatkuvuudenhallinnan kehittämiseen. HUOVI-portaalia käyttävät huoltovarmuuskriittiset

yritykset ja organisaatiot, huoltovarmuusorganisaatio sekä eri viranomaisten edustajat. Portaali tehtiin alun perin strategisen tason suunnittelun työkalujen alustaksi, mutta nykyään sen kautta välitetään erilaisissa hankkeissa myös operatiivista tietoa reaaliaikaisesti. (Huoltovarmuuskeskus 2014)

HUOVI-portaalia halutaan kuitenkin jatkokehittää entistä monipuolisemmaksi palvelukokonaisuudeksi, jonka suunnitelma on esitetty kuvassa 3.13.



Kuva 3.13. Suunnitelma HUOVI-portaalin jatkokehityksestä (Huoltovarmuuskeskus 2014).

Uusi palvelu jakautuisi siis kuvan 3.13 mukaan kahteen eri portaaliin, joista toinen olisi yritysten ja viranomaisten käytössä ja toinen kansalaisille. HUOVI-portaali tulisi sisältämään reaaliaikaisen karttapohjaisen tilannekuvan kriittisten infrastruktuurien häiriötilanteesta ja kansalaishavainnoista. Kansalaisportaali sisältäisi myös tilannekuvan, jonka kautta jaettaisiin julkista häiriötietoa kansalaisille.

Kansalaisportaalina voitaisiin käyttää jo toteutettua hairio.info-palvelua. Hairio.info on Etelä-Savon pelastuslaitoksen johtama hanke, jonka tarkoituksena on kehittää uusia viranomaisten häiriötilanteiden johtamis- ja tiedottamispalveluja, edistää viranomaisten välistä yhteistyötä sekä kehittää kansalaisten tiedottamista ja heidän mahdollisuuttansa raportoida havainnoistaan arkipäivän häiriötilanteissa. (hairio.info 2014) Palvelua kehitetään edelleen, tällä hetkellä se on käytössä pelastuslaitoksella sekä kansalaispalveluna. Järjestelmä sisältää muun muassa sähkökatkotietoja, viranomaisten luomia tiedotteita ja kansalaishavaintoja. Hankkeessa haasteelliseksi osoittautui tarvittavien rajapintojen suuri määrä ja standardimuotoisen häiriötiedon puuttuminen. Lisäksi kaikkia tarvittavia tietoja viranomaisten tilannetietoisuuden muodostamiseksi, esimerkiksi verkkoyhtiöiden viankorjausjärjestystä, ei ollut saatavilla. (Forsberg 2014)

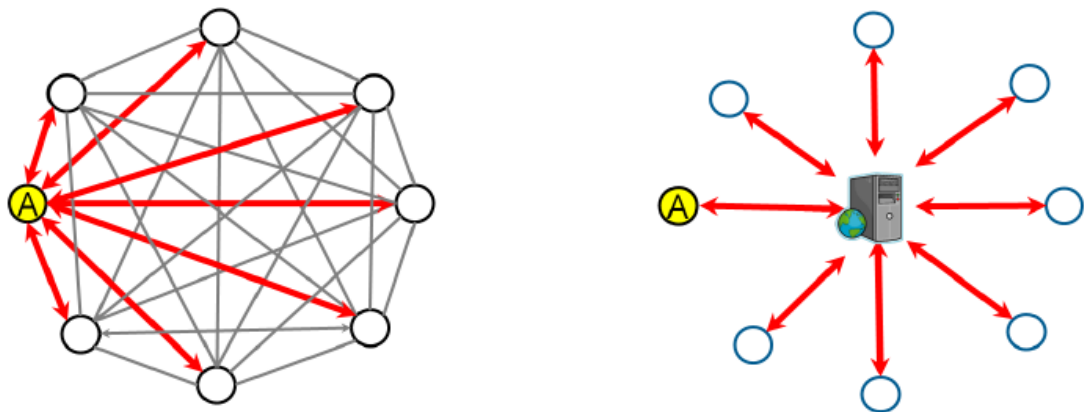
3.3.2.2 KRIVAT

Huoltovarmuuskeskus kehittää kriittisten valvomoiden välistä tiedonvaihtoa KRIVAT-hankkeella, jossa osallisina on huoltovarmuuden kannalta keskeisiä toimijoita, kuten tele-, IT- ja energia-alan yrityksiä sekä säätietoa ja valtion viranomais- ja huoltovar-

muuspalveluja tuottavia yhteisöjä. Hankkeen tavoitteena on varmistaa yhteiskunnan kriisivalmiuden ylläpito sekä yhteisen tilannekuvan muodostaminen ja jakelu laajoissa häiriötilanteissa.

3.3.2.3 MASAS

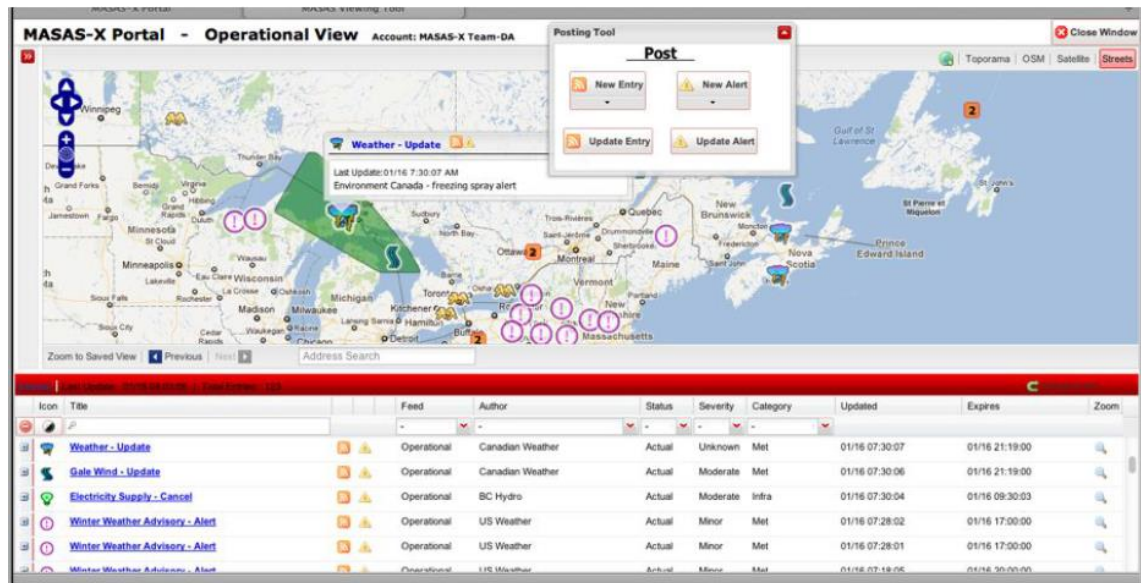
Kanadassa on kehitetty MASAS (Multi-Agency Situational Awareness System) tilannekuvajärjestelmää hätätilanteiden hallintaan. Tilannekuva on tarkoitettu kaikille hätätilanteen hallintaan osallistuville viranomaisille ja heidän sidosryhmilleen. Tilannekuva mahdollistaa tiedonsaannin ja tiedon jakamisen reaaliajassa ja auttaa tekemään strategisia päätöksiä ja kehittämään ennaltaehkäiseviä ratkaisuja. (MASAS-X 2012) MASAS jakaa sijaintitietoihin pohjautuvaa tilannetietoa ja hälytyksiä eri toimijoiden välillä käyttäen avoimia kansainvälisiä standardeja, kuten CAP (Common Alerting Protocol) ja geoRSS, ja avointa arkkitehtuuria. MASAS keskittyy olemassa olevista järjestelmistä saatavan tiedon keskittämiseen yhteen järjestelmään, josta tieto välitetään kaikille käyttäjille kuvan 3.14 mukaisesti. (Pagatto & O'Donnell 2012)



Kuva 3.14. Vasemmanpuoleinen kuva esittää vertaisverkkoa, jossa kaikki verkkoon kytetyt tahot ovat yhteydessä toisiinsa. Tällöin kaikkien tahojen välillä on oltava omat rajapinnat. Oikeanpuoleisessa kuvassa on MASAS:n käyttämä keskitetty arkkitehtuuri, joka vähentää tarvittavia rajapintoja ja riskiä, että uudet tietolähteet eivät tavoita kaikkia käyttäjiä. (Pagatto & O'Donnell 2012)

Tällöin voidaan varmistua siitä, että kaikilla tilanteen hallintaan osallistuvilla osapuolilla on jaettu tilannetietoisuus, joka parantaa sidosryhmien välistä yhteentoimivuutta (Government of Canada 2013a).

MASAS:ia käyttävät julkisen sektorin hätätilanteiden hallinnasta vastaavat viranomaiset, yliopistot ja college, kriittisten infrastruktuurien omistajat sekä jotkut yksityiset organisaatiot. MASAS:iin ei lisätä arkaluonteista tietoa, vaan sitä voidaan avoimesti jakaa kaikille käyttäjille. Tilannekuvaan kerätään tietoja muun muassa suljetuista teistä, vaarallisista sääolosuhteista ja luonnonilmiöistä, vaarallisista aineista, vedenpinnan korkeuden muutoksista, erilaisten kohteiden sijainneista (kuten ensiapu ja väestönsuojat), tulipaloista tai muista eristetyistä alueista, etsintä- ja pelastustoiminnasta sekä pandemio-alueista ja muista terveydentilaan vaikuttavista tapahtumista. Tiedot ovat suoraan tietolähteiden julkaisemia ja osa tiedoista saadaan julkisista viranomaislähteistä kuten hallituksen verkkosivuilta tai erilaisten sensoreiden kautta. Järjestelmä esittää kaikki tiedot karttapohjalla sijaintitietoja hyödyntäen ja luo hälytyksiä vaarallisista tilanteista. (MASAS-X 2012) MASAS:n käyttöliittymä on kuvan 3.15. mukainen.



Kuva 3.15. Käyttäjä voi vastaanottaa ja lähettää tilannetietoa oman sovelluksensa kautta tai käyttämällä kuvassa esitettyjä MASAS:n tarjoamia työkaluja (Government of Canada 2013b).

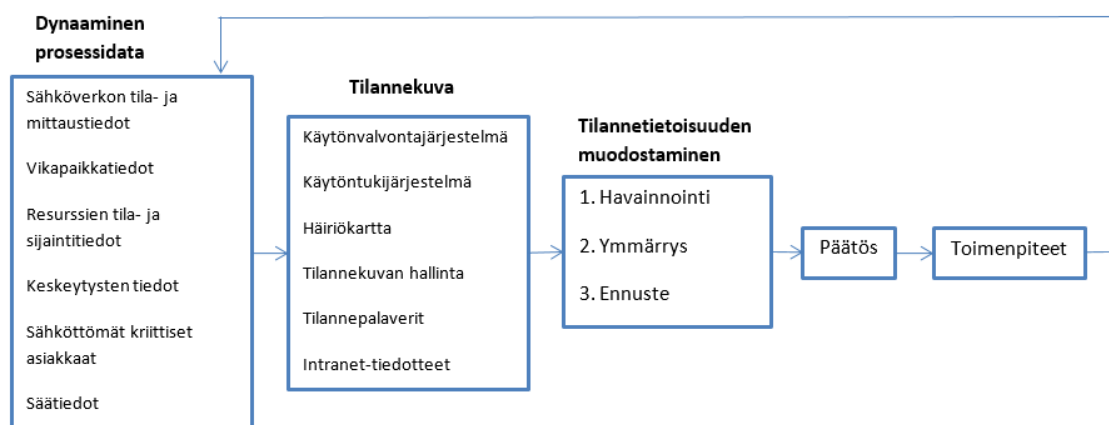
Hälytysten ja sijaintitietojen lisäksi tilannekuvajärjestelmän avulla voidaan jakaa dokumentteja, kuvia, videoita tai äänitiedostoja sekä tietoa, jolla voidaan viitata esimerkiksi olemassa olevaan hälytykseen tai tapahtumaan. (MASAS-X 2012)

4 ELENIAN TILANNEKUVAN HALLINTA HÄIRIÖTILANTEISSA

Tässä luvussa on kuvattu pääpiirteittäin tilannekuvan hallinnan nykytilaa Eleniassa. Tilannekuvan hallinta on jaettu sisäisen ja ulkoisen tilannekuvan hallintaan. Sisäisen tilannekuvan hallinta kattaa koko suurhäiriöorganisaation eli Elenian henkilöstön ja viankorjausta tekevät urakoitsijat. Ulkoisen tilannekuvan hallinta puolestaan sisältää Elenian eri sidosryhmille välitettävät tilannekuvat.

4.1 Sisäisen tilannekuvan hallinta

Elenian sisäisen tilannekuvan hallinta muodostuu käytöntukijärjestelmästä, ryhmäpuhelinjärjestelmästä, tilannepalavereista, Elenian intranetin tiedotteista ja tilannekuvan hallinnasta vastaavien henkilöiden tekemistä tilannetiedotteista ja –raporteista. Lisäksi henkilöstö seuraa Elenian julkista häiriökarttaa ja useita Elenian ulkopuolisia tietolähteitä, kuten sääpalveluja, muiden verkkoyhtiöiden tiedotusta ja mediaa. Kuvassa 4.1 on esitetty Elenian sisäistä päätöksentekoprosessia häiriötilanteissa.



Kuva 4.1. Dynaamisessa päätöksentekoprosessissa tilannetieto kootaan tilannekuvaan, jossa se jalostetaan sopivaan esitysmuotoon. Tilannekuvan pohjalta muodostetaan tilannetietoisuus, jonka jälkeen päätös ja sen mukaiset toimenpiteet voidaan tehdä. Toimenpiteet vaikuttavat edelleen ympäristön tilaan ja prosessidataan.

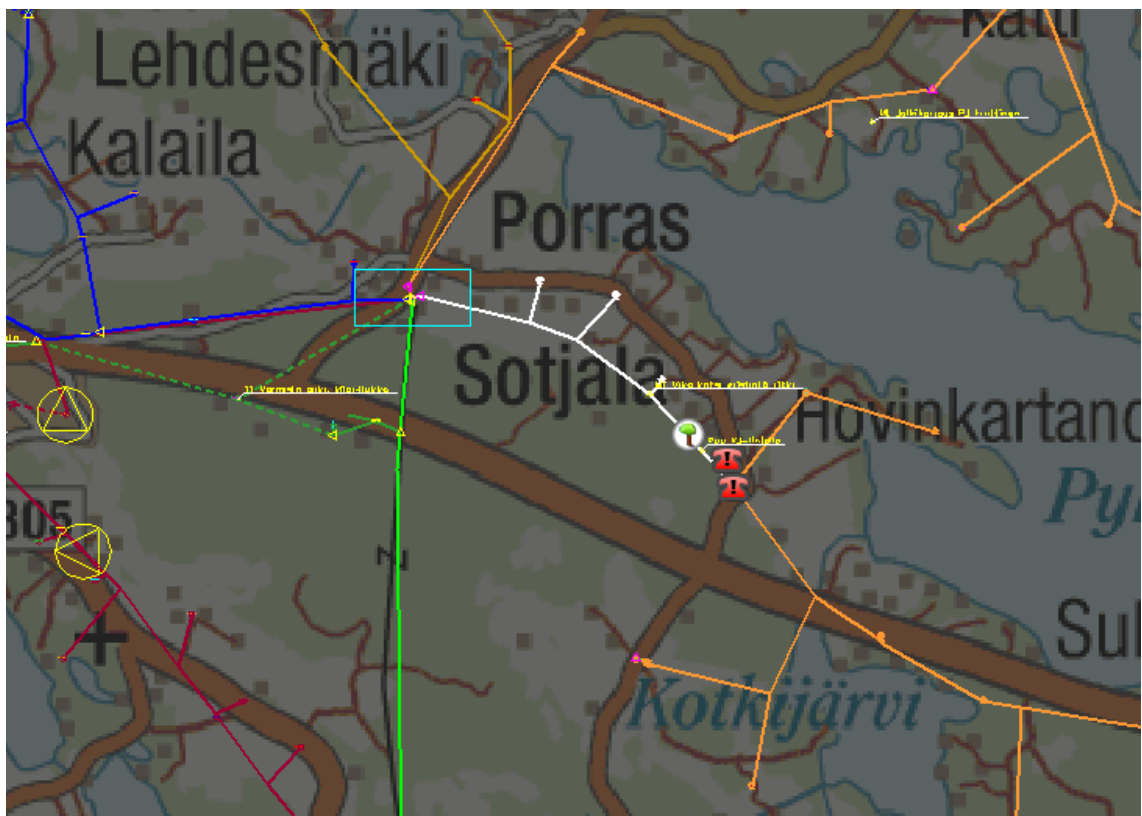
Tilannekuvan kautta päätöksentekijä pystyy havainnoimaan tietoja, ymmärtämään niiden merkitystä ja keskinäisiä suhteita sekä joiltain osin myös ennustamaan tilanteen etenemistä. Korkeimman tason tilannetietoisuus vaatii kuitenkin myös päätöksentekijältä harjoittelua ja ammattitaitoa tulkita tilannekuvassa esitettyjä tietoja. Prosessiin vaikuttavat lisäksi luvussa 3.1.1.1 esitetyt tekijät, kuten henkilökohtaiset ominaisuudet, kokemus, stressi, työkuorma ja tilanteen monimutkaisuus.

Ilmatieteen laitoksella on luonnononnettomuuksien varoitusjärjestelmä (LUOVA), jonka tarkoituksena on selkeyttää luonnononnettomuuksien tilannekuvaa ja tehostaa sen käyttöä viranomaistoiminnassa. (Ilmatieteen laitos 2010) LUOVA -tiedotteissa varoitetaan uhkaavista luonnononnettomuuksista ja ne lähetetään sähköpostilla valituille henkilöille. LUOVA -tiedote sisältää kuvauksen vaaraa aiheuttavasta sääilmiöstä ja sen vai-

kutusalueesta ja –ajasta. Lisäksi tiedotteessa analysoidaan sääilmiön vaarallisuutta ja epävarmuustekijöitä. LUOVA -tiedotteiden lisäksi Elenialla seurataan sääennusteita useamman kaupallisen sääpalvelun kautta. Sääpalveluiden kautta saadaan tarkkaa tietoa muun muassa tuuli-, puuska- ja sade-ennusteista, ukkosen todennäköisyydestä, salamahavainnoista ja tykkylumesta. Sääennusteiden perusteella käytönjohto käynnistää tarvittaessa varautumistoimenpiteet. Säätilan kehittymistä seurataan myös tiiviisti häiriön aikana ja sen perusteella pyritään ennustamaan häiriön etenemistä ja vaikutuksia.

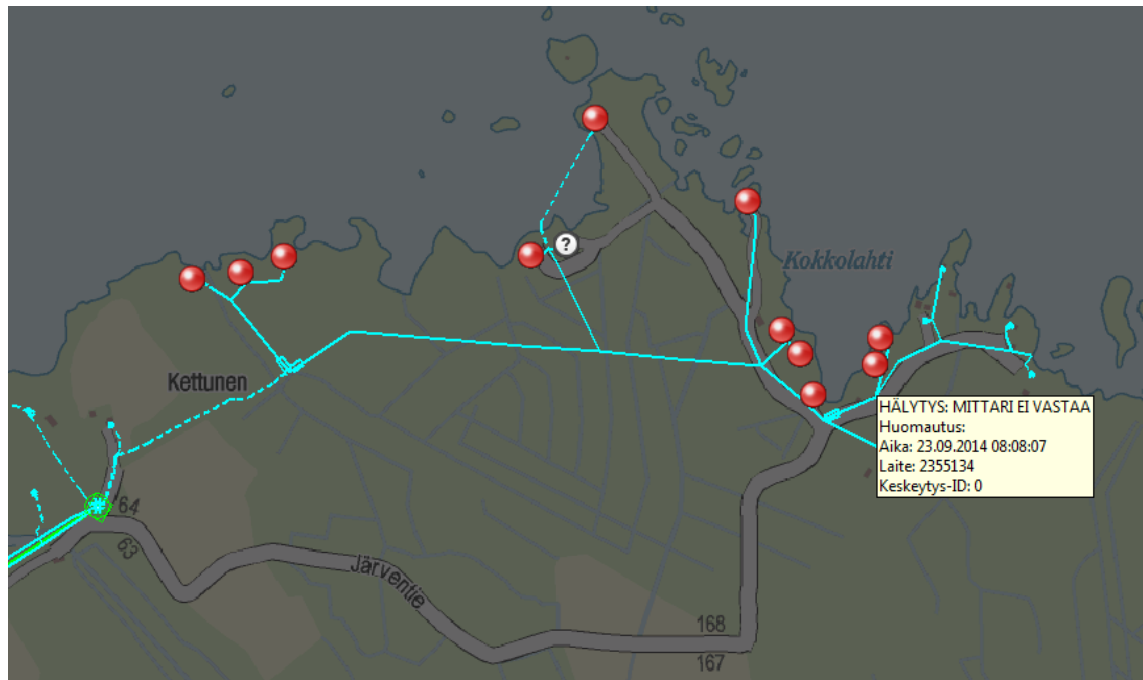
Intranetiin lisätään sisäisiä tilannetiedotteita koko häiriön ajan tyypillisesti käytönjohdon tai viestinnän toimesta. Intranetin kautta pystytään viestimään koko henkilöstöä koskevista asioista. Tyypillisesti tiedotteet antavat yleiskuvan häiriön tapahtumista ja suunnitelluista toimenpiteistä. Elenia otti syksyllä 2014 käyttöön uuden Intranetin, joka mahdollistaa työtilojen käytön ja käyttäjien välisen vuorovaikutteisuuden. Työtiloja voidaan tulevaisuudessa hyödyntää suurhäiriöissä sisäisen tiedon jakamisessa ja kommunikoinnissa.

Elenialla on käytössä Trimble DMS käytöntukijärjestelmä ja Netcontrolin Netcon 3000 käytönvalvontajärjestelmä. Käytönvalvontajärjestelmää käyttävät häiriötilanteessa ainoastaan verkkoa operoivat käytönvalvojat, mutta käytöntukijärjestelmää tarvitaan lähes kaikissa Elenian suurhäiriöorganisaation tehtävissä. Käytöntukijärjestelmä tarjoaa viankorjauksen kannalta välttämätöntä tietoa keskeytyksistä sekä sähköttömästä verkosta ja käyttöpaikoista. Kuvassa 4.1 on käytöntukijärjestelmän näkymä keskijänniteverkon keskeytyksestä.



Kuva 4.1. Käytöntukijärjestelmän karttanäkymällä jännitteetön verkko on väritetty valkoiseksi. Keskeytykseen liitetty puu-symboli visualisoi vian tarkkaa sijaintia ja aiheuttaa. Puhelimet puolestaan symboloivat vikailmoituksia.

Pienjänniteverkon vioissa älymittareiden tilat ja hälytykset ovat tärkeitä vikojen paikannuksen ja hallinnan kannalta. Kuvan 4.2 muuntopiirissä on pienjänniteverkon vika.



Kuva 4.2. Käytöntukijärjestelmässä käyttöpaikan älymittarin tilaa kuvataan omilla symboleillaan. Punainen symboli ilmaisee, että yhteyttä mittariin ei saatu.

Häiriötilanteissa on tärkeää tietää keskeytyksen piirissä olevat kriittiset asiakkaat, jotta heidät voidaan huomioida vikojen priorisoinnissa. Kuvassa 4.3 on sähkökatkon piirissä oleva kriittiseksi terveyspalveluksi luokiteltu asiakas. Sähkötömiä kriittisiä käyttöpaikkoja merkitään symboleilla, jotka kuvaavat asiakkaan toimialaa.



Kuva 4.3. Kriittinen asiakas visualisoituna käytöntukijärjestelmän karttanäkymälle. Kriittisten asiakkaiden visualisointia hyödynnetään vikojen priorisoinnissa.

Käytöntukijärjestelmän tietokannoista löytyy lisäksi paljon hyödyllistä tietoa, jota ei esitetä käyttöliittymässä. Usein käytettyjä tietokantahakuja varten onkin tehty omia työkaluja.

Käytöntukijärjestelmä esittää tietoa visuaalisesti karttapohjalla ja tekstimuotoisina listoina ja lomakkeina. Karttapohja tukee kokonaistilanteen hahmottamista ja ymmärrystä eri elementtien välisistä suhteista. Visualisointiasetusten ja erilaisten hakujen kautta käyttäjä saa valittua kartalle haluamansa tiedot. Dialogien avulla esitetään listamuotoista tietoa erilaisista kokonaisuuksista, kuten keskeytyksistä ja vikailmoituksista. Dialogeissa olevaa tietoa voidaan suodattaa tai järjestää eri parametrien mukaiseen järjestykseen. Kuvassa 4.4 on keskeytysdialogi, jossa jokainen keskeytys on omana rivinään.

ID	Keskeytyslaji	Asema	Nimi	Tila	Alue	Urakointialue	Alkamisaika	Operatiivinen alue	Asiakkaita keskeytyksessä
200219	V1: Oman KJ-v...	RUUHJÄR...	Vika 03 RUUHJÄRVI_S...	Käynnissä		A52_Heinola	23.09.2014 13:35:45	Itä-Häme	769
200221	P1: Oman PJ-v...	103053	Vika 103053	Käynnissä	Pirkkala	A44_Nokia	23.09.2014 13:35:24	Pirkanmaa	2
200220	V1: Oman KJ-v...	KARKKILA	Vika 18 KAR_HAAPALA...	Käynnissä		A48_Janakkala	23.09.2014 13:35:12	Häme	757
200214	V1: Oman KJ-v...	KUOHU	Vika 03 KHH_TIKKALA ...	Käynnissä		A40_Jyväskylä	23.09.2014 12:55:39	Keski-Suomi	5
200213	P1: Oman PJ-v...	119956	Vikailmoitus <339464> ...	Käynnissä	Ähtäri	A38_Saarjärvi	23.09.2014 12:47:08	Keski-Suomi	1
200217	P1: Oman PJ-v...	114779	Vikailmoitus <339457> ...	Käynnissä	Pyhäjärvi	A35_Haapajärvi	23.09.2014 12:31:53	Pohjois-Pohjan...	1
200210	V1: Oman KJ-v...	HARTOLA	Vika 07 HRL_YLEMMÄL...	Käynnissä		A52_Heinola	23.09.2014 12:10:48	Itä-Häme	439
200206	V1: Oman KJ-v...	KINNULA	Vika 09 KN_KIVIJÄRVI (...)	Käynnissä		A36_Kyyjärvi	23.09.2014 11:30:14	Keski-Suomi	29

Kuva 4.4. Käytöntukijärjestelmän keskeytystilannelistan kautta voidaan hallita vika- ja työkeskeytyksiä. Väreillä visualisoidaan keskeytyksen pituutta.

Laajoissa häiriöissä helikopteritarkastuksen kautta saadaan paras kokonaiskuvan maastossa olevista tuhoalueista. Tarkat vikapaikat voidaan merkitä käytöntukijärjestelmän karttapohjalle. Vikapaikkatieto on arvokasta verkkoyhtiölle, sillä työryhmä voidaan lähettää suoraan vikapaikalle ja vian paikantamiseen ja partiointiin kuluva aika säästyy. Helikopteritarkastuksen kautta saadaan myös tietoon viankorjaukseen tarvittava kalusto ja materiaali, mistä saataisiin muuten tieto vasta työryhmän päästyä paikalle.

Helikopteritarkastusten lisäksi vikapaikkatietoa saadaan asiakkailta, maastossa liikuvilta asentajilta sekä pelastuslaitokselta ja hätäkeskukselta. Asiakkaat voivat ilmoittaa vikapaikasta vikapuhelinpalveluun tai Elenia mukana -älypuhelinsovelluksen kautta. Sovelluksessa asiakas voi ottaa kuvan vikapaikasta, jolloin kuvan koordinaatit liitetään ilmoitukseen ja vikapaikasta saadaan hyvin tarkkaa tietoa. Asentajat ja viranomaiset voivat ilmoittaa havaitsemistaan vikapaikoista erilliseen valvomon puhelinnumeroon.

Capricoden Elenialle toimittamaa ryhmäpuhelinjärjestelmää käytetään pääasiassa viestintään maastohenkilökunnan kanssa. Se on tällä hetkellä ainoa tietolähde työryhmien hallintaan. Järjestelmässä ylläpidetään urakoitsijoiden yhteystietoja ja suurhäiriöissä lisäksi työ- ja lepoaikoja määrittämällä kullekin asentajalle tilatieto. Asentajien tilojen perusteella nähdään kuinka paljon asentajia on töissä, lepäämässä tai käytettävissä. Puhelinryhmien perusteella voidaan seurata asentajien määrää käytönvalvojan opeointialuetta kohden.

Suurhäiriöissä järjestetään tilannepalavereja suurhäiriöorganisaation vastuuhenkilöiden kesken. Urakoitsijoiden työnjohto osallistuu palavereihin puhelimitse. Palavereissa käydään läpi keskeisimmät asiat kaikkien osa-alueiden osalta ja arvioidaan tilanteen kehittymistä ja tarvittavia toimenpiteitä. Urakoitsijoiden antama alueellinen tilannetieto on tärkeää, jotta toimistolla saadaan kuva tuhojen laajuudesta maastossa. Tilannepalavereiden kautta olennaisinta tilannetietoa saadaan jaettua ja vastuuhenkilöille muodostuu yhtenäinen tilannekuva häiriöstä. Vastuuhenkilöt välittävät tarpeellisen tiedon eteenpäin oman osa-alueensa sisällä.

Elenian suurhäiriöorganisaatiossa on yhtenä tehtävänä tilannekuvan hallinta. Tehtävässä toimivat muodostavat tilannekuvaa keräämällä tietoa eri lähteistä ja jalostamalla sitä päätöksenteon ja toiminnan tueksi. Tietoa kerätään muun muassa käytöntukijärjes-

telmästä, ryhmäpuhelinjärjestelmästä, sääpalveluista, urakoitsijoilta, omalta kenttähenkilökunnalta ja muilta suurhäiriöorganisaation henkilöiltä, muilta verkkoyhtiöiltä ja mediasta. Tilannekuvaan kuuluu olennaisena osana ennusteiden luominen, sillä se vaikuttaa lähes kaikkiin päätöksiin. Ennusteen laatimisessa voidaan hyödyntää sääennusteiden lisäksi tietoa myrskyn aiheuttamista tuhoista muilla alueilla. Lisäksi tilannekuvan hallintaa tekevien tehtäviin kuuluu häiriön etenemisen ja vaikutusten raportointi. Tilannekuva käydään läpi tilannepalaverissa ja julkaistaan Elenian verkkolevyllä.

Urakoitsijoille jaetaan tilannekuvaa pääasiassa käytöntukijärjestelmän, tilannepalaverien ja häiriökartan kautta. Urakoitsijoille on annettu oikeudet käytöntukijärjestelmään, jota he tarvitsevat pienjännitevikojen hoitoon normaaliaikaanakin. Häiriötilanteissa käytöntukijärjestelmä toimii Elenian ja urakoitsijoiden yhteisenä tilannekuvana. Käytöntukijärjestelmää käyttää useimmiten vain urakoitsijan työnjohto, joka välittää tietoa maastossa oleville asentajille. Asentajat saavat tilannetietoa myös käyttökeskuksesta viankorjauksen yhteydessä sekä häiriökartan kautta, jota voidaan käyttää maastossa mobiililaitteilla. Urakoitsijoiden työjohto osallistuu lisäksi Elenian tilannepalaveriin.

Useille eri sidosryhmille on annettu suora puhelinnumero Elenian valvomoon. Eri-tyisesti suurhäiriöissä puhelimitse saadaan paljon tilannekuvan kannalta tärkeää tietoa. Puheluita voidaan saada pelastuslaitokselta, hätäkeskukselta, kriittisiltä asiakkailta ja Fingridiltä tai muilta verkkoyhtiöiltä. Valvomossa on useita eri puhelimia omiin käyttötarpeiksiinsa.

4.2 Ulkoisen tilannekuvan hallinta

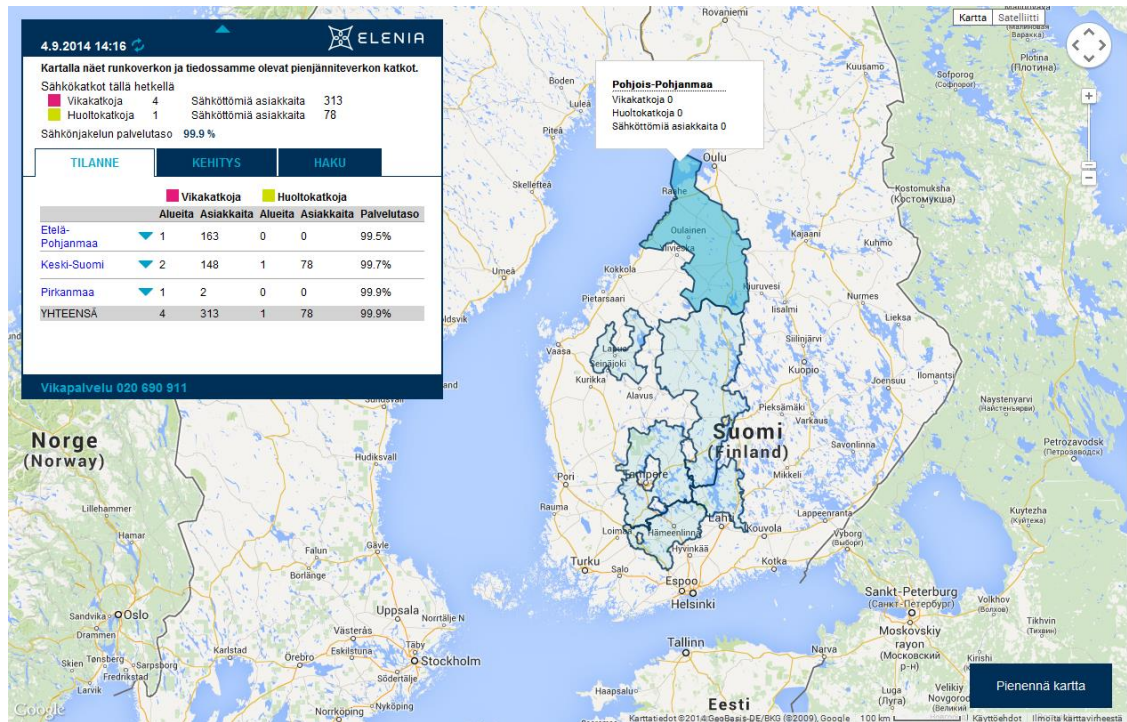
Elenian sidosryhmille välitettävä tilannekuva koostuu järjestelmien osalta julkisesta häiriökartasta ja pelastuslaitokselle välitettävästä käytöntukijärjestelmän karttanäkymästä. Verkkoyhtiön asiakkaat voivat hyödyntää tekstiviesti/sähköpostipalvelua ja vikapuhelinpalvelua. Muuten tietoa välitetään puhelimitse tai sähköpostitse.

4.2.1 Häiriökartta

Vattenfall verkko julkaisi ensimmäisen häiriökarttansa vuonna 2007. Palvelua uudistettiin vuonna 2014, jolloin Elenia julkaisi uuden häiriökartan. Uusi häiriökartta on suunniteltu toimimaan myös mobiililaitteilla ja palvelun käytettävyyttä on parannettu. Tilannetietoa saa monella eri tasolla ja kartan lisäksi tietoa esitetään myös taulukkomuodossa ja kuvaajan avulla. Karttapohjana on Googlen karttapalvelu, joka on yksi suosituimmista karttapalveluista maailmanlaajuisesti ja siten ominaisuuksiltaan tuttu useimmille käyttäjille.

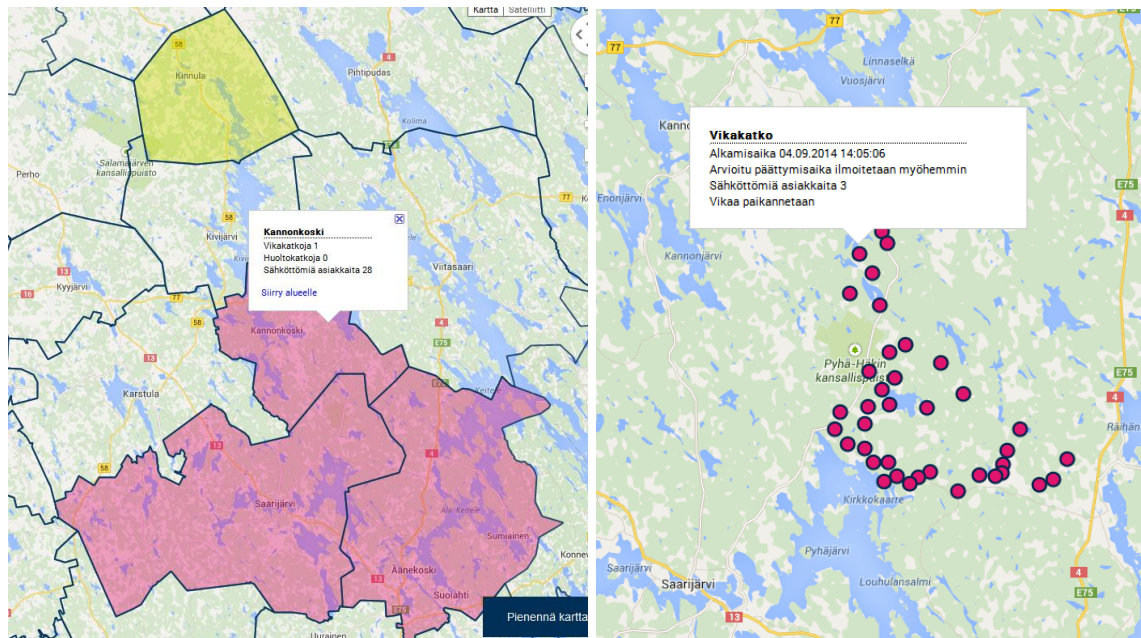
Elenian häiriökartta (kuva 4.5) on julkinen ja löytyy Elenian Internet-sivuilta. Häiriökarttapalvelu on mitoitettu kapasiteetiltaan suurhäiriötilanteisiin, jolloin palvelulla on eniten yhtäaikaista käyttäjiä. Häiriökartta paikantaa käyttäjän sijainnin, joten käyttäjää saa oman alueensa tilannekuvan kartalle heti palvelun käynnistettyään.

Häiriökartta saa tietonsa automaattisesti käytöntukijärjestelmän keskeytystiedoista. Keskijänniteverkon sähkökatkot tulevat kartalle lähes reaaliaikaisesti ja pienjänniteverkon sähkökatkot silloin, kun ne ovat Elenialla tiedossa eli ne on kirjattu käytöntukijärjestelmään. Sähkökatkotiedot on esitetty maakuntatasolla, kuntatasolla ja muuntamotasolla.



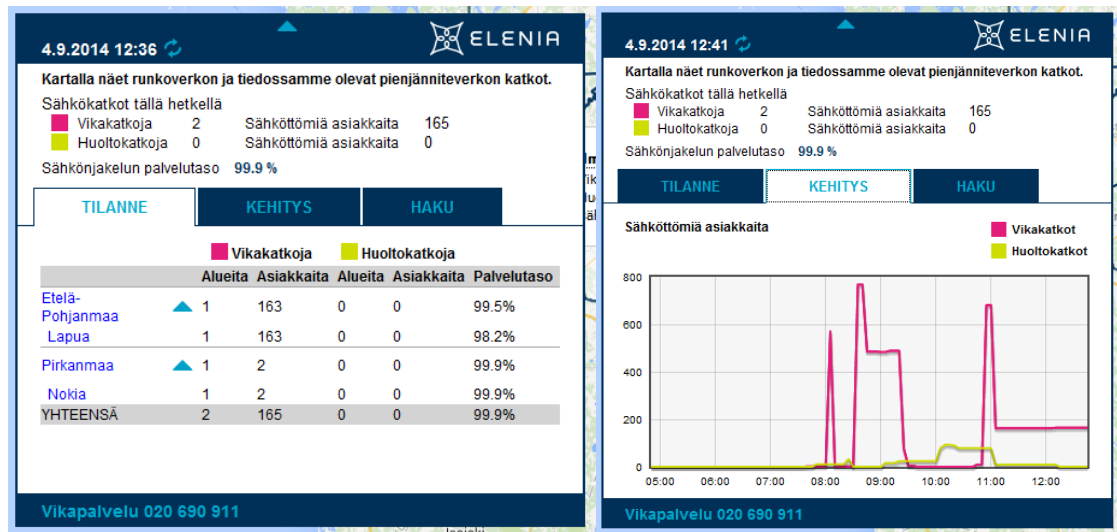
Kuva 4.5. Elenian häiriökartan aloitusnäky. Elenian verkkoalue on merkitty kartalle maakunnittain. Maakunnan sähkönjakelutilanteen näkee yläkulman taulukosta tai kartalta maakuntaa hiirellä koskettamalla. (Elenia 2014)

Kuvassa 4.5 on esitetty häiriökartan ylin tarkastelutaso ja kuvassa 4.6 tarkemmat tasot eli kunta- ja muuntopiiritaso. Muuntopiirin keskeytystiedoissa on ilmoitettu keskeytyksen alkamis- ja arvioitu loppumisaika, sähkötöttömien asiakkaiden määrä, viankorjauksen etenemisen tila sekä vian aiheuttaja mikäli se on tiedossa.



Kuva 4.6. Vasemmalla Elenian häiriökartta kuntatasolla ja oikealla muuntamotasolla. Huoltokatkot on merkitty limenvihreällä ja vikakatkot punaisella (Elenia 2014).

Kartan lisäksi tietoa sähköjakelutilanteesta esitetään taulukon ja kuvaajan avulla, jotka on koottu eri välilehdille kartan vasempaan yläkulmaan (kuva 4.7).



Kuva 4.7. Tilanne-välilehden kautta saa kokonaiskuvan Elenian verkkoalueen sähkökatkoista ja kehitys-välilehden kuvaajalta voi seurata häiriön etenemistä viimeisen kahdeksan tunnin ajalta (Elenia 2014).

Tilanne-välilehdellä on nähtävissä ajankohtainen sähköjakelutilanne taulukkomuodossa. Taulukon kautta nähdään vika- ja huoltokatkoista aiheutuneiden sähköttömiä alueiden ja asiakkaiden määrät sekä palvelutaso maakunta- ja kuntatasolla sekä yhteenlaskettuna koko Elenian verkkoalueella. Taulukon avulla saa käsityksen häiriön laajuudesta ja sen maantieteellisestä sijainnista ja käyttäjä voi suhteuttaa oman kunnan tilanteen muihin verkkoalueen kuntiin. Taulukossa olevat maakunnat ja kunnat ovat linkkejä, joita klikkaamalla kartta siirtyy kyseiselle alueelle. Yhteys taulukon ja kartan välillä yhenäistää tilannekuvaa. Kehitys-välilehdellä voi puolestaan tarkastella vika- ja huoltokatkoista aiheutuneiden sähköttömiä asiakkaiden määrää ajan suhteen viimeisen kahdeksan tunnin ajalta Elenian verkkoalueella. Kuvaajan avulla voi seurata häiriön ja viankorjauksen etenemistä ja arvioida häiriön kokonaiskestoa karkealla tasolla. Haku-välilehden kautta kartalta voi hakea sijainteja esimerkiksi osoitteen avulla tai valita kartalle tulevat huoltokatkot.

4.2.2 Tilannekuvan välittäminen eri sidosryhmille

Kaikille Elenian verkkoalueen pelastuslaitoksille on annettu katseluoikeus käytöntukijärjestelmään, jonka kautta he saavat reaaliaikaista tietoa sähköverkon tilasta. Viranomaisten käyttöön on lisäksi varattu oma puhelinyhteys Elenian valvomoon. Suurhäiriötilanteissa Pirkanmaan pelastuslaitokselta saapuu usein yhteyshenkilö Elenian valvomoon. Yhteyshenkilö osallistuu tilannepalaveriin ja pystyy välittämään tietoa verkko-yhtiön ja pelastuslaitosten välillä kumpaankin suuntaan. Yhteyshenkilön kautta kaikille Elenian verkkoalueen pelastuslaitoksille saadaan välitettyä kokonaiskuvaa häiriöstä sekä tarkkaa tietoa yksittäisten kiinteistöjen tilanteesta.

Asiakkaille välitetään tietoa häiriökartan, tekstiviestipalvelun, vikapuhelinpalvelun, Internet-sivujen ja sosiaalisen median kautta. Häiriökartasta on kerrottu tarkemmin luvussa 5.2.1. Elenia otti asiakkailleen käyttöön maksuttoman tekstiviestipalvelun vuonna 2008. Asiakkaat voivat halutessaan ottaa palvelun käyttöön, jolloin he vastaanottavat tekstiviesti- tai sähköposti-ilmoituksen omia käyttöpaikkojaan koskevista yli kolmen

minuutin mittaisista sähkökatkoista ja niiden arvioidusta kestosta sekä syystä. Viesti lähetetään katkon alkaessa, päättyessä ja lisäksi katkon aikana, jos uutta tietoa ilmenee.

Vikapuhelinpalvelu on asiakkaiden käytettävissä kaikkina päivinä kellon ympäri. Puhelu ohjautuu ensin käyttöpaikan postinumeron perusteella alueen sähkökatkosta kertovaan automaattiseen puhelinvastaajaan eli IVR-puhelinpalveluun. Puhelun saa halutessaan ohjattua asiakaspalveluun, jonne voi ilmoittaa esimerkiksi vian aiheuttajasta. IVR-palvelu pystyy vastaamaan yhtäaikaisesti suureen määrään puheluita ja useat asiakkaat saavatkin pelkästään vastaajan kautta tarvitsemansa tiedon, jolloin asiakaspalvelun kuormitus vähenee.

Suurhäiriöorganisaatiossa on lisäksi varattu resursseja ainoastaan kriittisten asiakkaiden palvelemiseen. Kriittisistä asiakkaista vastaava henkilöstö on yhteydessä tiiviisti esimerkiksi teleoperaattoreihin ja kuntiin. Keskustelua käydään kriittisten käyttöpaikkojen tilanteesta sekä häiriön yleistilanteesta.

Elenian Internet-sivuilla ja sosiaalisessa mediassa julkaistaan varautumisohjeita ja tilannetiedotteita ennen häiriötä ja sen aikana. Tiedotteissa kuvataan häiriön etenemistä ja tiedotetaan pahimmista tuhoalueista, vikojen aiheuttajista, häiriön ennusteesta ja Elenian tekemistä toimenpiteistä. Lisäksi voidaan julkaista kuvia vikapaikoista, jolloin tuhojen laajuus välittyy konkreettisemmin asiakkaille. Asiakaspalvelu vastaa sosiaalisen median kautta tulleisiin kyselyihin.

Elenia mukana -mobiilipalvelun kautta asiakas voi lisäksi tehdä kyselyn oman käyttöpaikkansa älymittarille. Kyselystä selviää, onko käyttöpaikalla sähköt vai ei.

Media saavuttaa suurimman yleisön ja on siten tärkeä osa häiriöviestintää. Elenian viestintä lähettää medialle lyhyitä tilannekatsauksia useamman kerran päivässä häiriötilanteiden aikana ja tarvittaessa annetaan myös haastatteluja. Reaaliaikaiset häiriökartat helpottavat merkittävästi median tiedonsaantia, eikä häiriötilanteen perustietojen (sähköttömien asiakkaiden määrä ja sen kehitys) saamiseen tarvitakaan enää yhteydenottoa verkkoyhtiöön.

5 TILANNEKUVAN HALLINNAN KEHITYSTARPEET

Tässä luvussa esitetyt kehitystarpeet pohjautuvat Elenian henkilökunnan ja Elenian sidosryhmien asiantuntijahaastatteluihin. Haastatteluja tehtiin yhteensä 34, minkä lisäksi keskusteluja käytiin myös Elenian suurhäiriövalmiuksien kehittämisprojektin ja käyttötukijärjestelmän kehitystarpeiden määrittämisen yhteydessä.

5.1 Sisäinen tilannekuva

Sisäisen tilannekuvan hallinnan kehittäminen edellyttää tietojärjestelmiltä suurempaa roolia tilannekuvan muodostamisessa. Tällä hetkellä tilannekuvan muodostamiseen tarvitaan paljon manuaalista työtä, jolloin tilannekuvan ylläpitäminen ajankohtaisena aiheuttaa haasteita ja vie paljon aikaa. Tilannekuvan sisältöä tulisi laajentaa ja sen esitystapaa kehittää, jotta kaikki tilannetietoisuuden muodostamisen kannalta merkittävät tiedot pystyttäisiin esittämään tilannekuvassa ja suurhäiriöorganisaation eri roolien tarpeet huomioitaisiin paremmin. Tilannekuvan tulisi myös tukea enemmän häiriönaikaisten tavoitteiden priorisointia ja visualisointia siten, että merkittävät asiat nousevat esille tietomassasta.

Elenian sisäisen tilannekuvan hallinnan kehitystarpeiden määrittämiseksi diplomityöhön tehtiin yhteensä 22 haastattelua. Haastateltaviin lukeutui suurhäiriöorganisaatiosta sekä Elenian että urakoitsijoiden henkilöstöä. Haastateltavat henkilöt on lueteltu lähdeluettelon yhteydessä.

5.1.1 Tilannekuvan muodostaminen

Sähkönjakeluverkon häiriötilanteet ovat dynaamisia ja vaativat siten mahdollisimman reaaliaikaista tietoa päätöksenteon tueksi. Reaaliaikaisen tilannekuvan muodostaminen, ylläpitäminen ja tehokas jakaminen on mahdollista ainoastaan tietojärjestelmällä. Tällä hetkellä käyttötukijärjestelmä muodostaa reaaliaikaista tilannekuvaa, joka on edellytys häiriöaikaiselle operatiiviselle toiminnalle. Käyttötukijärjestelmän tilannekuvan ulkopuolelle jää kuitenkin paljon häiriötilanteen hallinnan kannalta olennaista tietoa, josta muodostetaan tilannekuvaa pääosin manuaalisesti.

Suurhäiriöorganisaatiossa tilannekuvan hallinnasta vastuussa olevat henkilöt käyttävät paljon aikaa tiedon hakemiseen eri järjestelmien tietokannoista, haetun tiedon jatkojalostamiseen ja raporttien kokoamiseen. Tietoa on paljon ja sitä haetaan muun muassa vikamäärän ja resurssimäärän kehittymisestä, arvioiduista kustannuksista, palvelutasosta sekä muista keskeisistä tunnusluvuista. Manuaalisesti haettu tieto ei kuitenkaan pysy reaaliaikaisena, joten sitä käytetään lähinnä menneiden tapahtumien raportointiin eikä nykytilanteen seuraamiseen, vaikka tieto olisi useiden suurhäiriöorganisaation roolien kannalta merkittävää. Tilannekuvan manuaalinen ylläpitäminen vie resursseja, joita voitaisiin hyödyntää muissa tehtävissä. Tietoja ei myöskään pystytä visualisoimaan tai jalostamaan kovinkaan monimutkaisesti, mikä rajoittaa tilannekuvan hyödyntämismahdollisuuksia ja havainnollisuutta.

5.1.2 Ylemmän tason tietoa häiriötilanteesta

Käytöntukijärjestelmä tarjoaa hyvin yksityiskohtaista tietoa, mikä on tärkeää käytönvalvojille vianhoidossa. Kuitenkin häiriötilanteen hallintaan ja johtamiseen tarvittaisiin myös ylemmän tason tietoa kokonaistilanteen hahmottamiseksi. Tällä hetkellä kokonaistilanteesta saadaan reaaliaikaista tietoa ainoastaan häiriökartasta, joka kuitenkin sisältää ainoastaan sähkökatkotiedot. Tilanneraportit sisältävät hyödyllistä tietoa kokonaistilanteesta, mutta ne eivät pysy ajantasaisina. Olennaista olisi saada reaaliaikaista tietoa esimerkiksi resurssien määrästä, työryhmätarpeesta, vikojen määrästä ja pahimmista vika-alueista eri puolilla verkkoaluetta sekä muodostaa mahdollisimman hyvä ennuste tilanteen kehittymisestä.

5.1.3 Vikojen priorisointi

Vikojen priorisoinnilla on suuri merkitys häiriöiden aiheuttamaan haittaan. Suurhäiriössä yhtäaikaista vikoja on niin paljon, että optimaalisen viankorjausjärjestyksen määrittämiseen tarvitaan nykyistä enemmän järjestelmän tukea. Korjausjärjestyksen määrittämisen lisäksi myös prioriteettien visualisointia tulisi kehittää, sillä karttapohjalla esitetty tieto on oleellisessa osassa vianhoidossa.

Käytöntukijärjestelmä tarjoaa joitain työkaluja keskeytysten priorisointiin. Listamuotoisella keskeytysdialogilla yksittäiset keskeytykset on väritetty niiden kestoajan mukaisesti. Lisäksi keskeytyksiä on mahdollista lajitella eri parametrien, kuten sähköttömien asiakkaiden määrän, keskeytyskriittisyyden tai keskeytyskustannusten mukaan. Dialogi päivittää parametrien arvot kuitenkin viiveellä, jolloin järjestys ei vastaa reaaliaikaista tilannetta. Lisäksi parametrien arvoihin ei voida täysin luottaa laajoissa häiriötilanteissa, jolloin keskeytysalueet muuttuvat useiden kytkentöjen ja uusien vikojen myötä todella monimutkaisiksi. Keskeytyskriittisyysparametri puolestaan ilmaisee ainoastaan keskeytyksen piirissä olevan kriittisimmän asiakkaan kriittisyysluokan, eikä ota kantaa kriittisten asiakkaiden kokonaismäärään kyseisellä keskeytyksellä. Lisäksi sähköttömiä kriittisiä asiakkaita ei pystytä visualisoimaan dynaamisesti karttapohjalla, vaan hakutyökalun kautta saadaan näkyviin ainoastaan hetkellinen tilanne.

Tällä hetkellä vikojen priorisointi onkin suurelta osin käytönvalvojan aluetietämyksen varassa. Alueiden erikoispiirteiden, kuten taajamien ja kriittisten asiakkaiden, tietämys oletetaan käytönvalvojan ammattitaidoksi. Laajoissa häiriötilanteissa käytönvalvojen tehtävämäärä kasvaa moninkertaiseksi ja useiden kymmenien yhtäaikaisten vikojen manuaalinen priorisointi muuttuu mahdottomaksi. Käytönvalvojen lisäksi suurhäiriötilanteissa vikojen priorisointia joutuvat tekemään myös sellaiset henkilöt, joiden normaaliajan työtehtäviin se ei kuulu.

Tästä syystä käytöntukijärjestelmän tulisi määrittää optimaalinen korjausjärjestys automaattisesti reaaliaikaiseen ja luotettavaan tietoon pohjautuen. Priorisoinnissa tulisi huomioida ainakin keskeytyksen aiheuttama haitta, kriittiset asiakkaat ja sähkömarkkinan laatuvaatimukset, jotta häiriön vaikutukset saadaan minimoitua ja lain asettamat vaatimukset täytettyä. Automaattisen korjausjärjestyksen myötä priorisointi olisi tasa-laatuista ja sekä vianhoito että työryhmien ohjaus helpottuisivat huomattavasti.

Vikojen priorisoinnin tulisi näkyä myös käytöntukijärjestelmän tilannekuvan visualisoinnissa. Karttapohjaista tietoa hyödynnetään häiriötilanteen päätöksenteossa usein enemmän kuin listamuotoista tietoa. Tällä hetkellä kartan kautta voidaan kuitenkin päätellä ainoastaan keskeytysalueen sijainti, laajuus ja kriittiset asiakkaat. Sen sijaan KAH-kustannuksiin tai laatuvaatimuksiin perustuvaan priorisointiin ei tarjolla ole visualisointia. Kriittiset viat eivät siis nouse esille suuresta keskeytysmassasta.

Priorisoinnin tehostamiseksi kaikkein kriittisimmistä vioista, jotka vaativat välitöntä reagointia, tarvittaisiin käytöntukijärjestelmään erillinen hälytys. Esimerkiksi sähköasemaviat voivat aiheuttaa keskeytyksen tuhansille asiakkaille. Käytönvalvontajärjestelmässä on hälytyslista, jossa näkyvät kaikki ala-asemilta tulevat hälytykset. Haasteena kuitenkin on se, että lista täyttyy suurhäiriöissä niin nopeasti, ettei sitä pystytä seuraamaan ja siten se menettää merkityksensä. Hälytyksillä tulisi olla nykyistä enemmän prioriteettitasoja, jotta suurhäiriöissä listalla näkyisivät ainoastaan todella kriittiset hälytykset.

5.1.4 Kriittiset asiakkaat ja priorisointi

Kriittisten asiakkaiden tietojen ylläpito on haastavaa erityisesti suurille verkkoyhtiöille. Asiakkaan kriittisyys voi vaihdella tapauskohtaisesti riippuen asiakkaan omasta varautumisesta ja sähkökatkon kestosta tai ajankohdasta. Tämä tekee asiakkaan todellisen sähkökriittisyyden mallintamisesta haastavaa. Kriittisyystietojen ylläpitämisessä ongelmana ovat lähinnä kriittiset yksityisasiakkaat, kuten kotihoitopotilaat, joista verkkoyhtiö saa tiedon vain asiakkaan ilmoituksesta eikä kriittisyyden muuttumisesta välttämättä ilmoiteta.

Häiriötilanteissa onkin paljon tapauksia, joissa tieto vian prioriteetista tulee asiakkaan tai muun tahon ilmoituksena käytöntukijärjestelmän ulkopuolelta. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi turvallisuusriskin aiheuttavat vikapaikat tai asiakkaan kriittisyyden muuttuminen. Priorisointipyynnöt välitetään käytönvalvojille, mutta niitä ei pystytä liittämään käytöntukijärjestelmän keskeytyksiin, vaan ne jäävät irrallisiksi muusta priorisoinnista vaikeuttaen kokonaispriorisoinnin hallintaa.

Teleoperaattorit kuuluvat verkkoyhtiön kriittisimpiin asiakkaisiin. Teleoperaattoreilta ei kuitenkaan saada reaaliaikaista tietoa viestintäverkon häiriötilanteesta tai varavoi- man riittävydestä, jota voitaisiin hyödyntää tukiasemien priorisoinnissa. Tällä hetkellä televerkkojen tilannetta tarkastellaan operaattoreiden omien palveluiden kautta erillään sähkökatkotiedoista.

5.1.5 Resurssien hallinta

Suurhäiriötilanteissa maastossa voi olla useita satoja viankorjausta tekeviä asentajia yhtäaikaaisesti. Ylemmällä tasolla viankorjausresursseja tulisi pystyä hallitsemaan kokonaisuutena siten, että asentajien määrä vastaisi työmäärää kullakin urakointialueella. Asentajien ja vikojen määrää ei kuitenkaan pystytä seuraamaan reaaliaikaisesti toisiinsa suhteutettuna.

Resurssimäärän seuranta on tällä hetkellä hyvin karkealla tasolla. Käytönvalvojat päivittävät asentajien tiloja (töissä, levossa, käytettävissä) ryhmäpuhelinjärjestelmään manuaalisesti, jolloin töissä olevien asentajien määrä saadaan selville. Asentajien tiloja määritetään kuitenkin vain suuremmissa häiriötilanteissa, eli suhteellisen harvoin, joten tilojen määrittäminen ei ole osa päivittäistä rutiinia. Seuranta on siten virhealtista ja sisältää karkean tason tietoa resurssimäärästä. Asentajamäärää ei myöskään pystytä seuraamaan urakointialueittain, mikä olisi edellytys tehokkaalle ylemmän tason resurssien hallinnalle.

Tarkemmalla tasolla, urakointialueen sisällä, resurssitilanne tulisi hahmottaa kokonaisuutena, jotta työryhmien ohjaaminen vialta toiselle olisi optimaalista. Elenian käytöntukijärjestelmässä ei kuitenkaan ole käytössä toiminnallisuutta työryhmien hallintaan, minkä vuoksi asentajien sijaintitietoja ylläpidetään manuaalisesti useammassa eri paikassa, mikä taas hidastaa toimintaa.

Olennainen kehitystarve on myös työryhmien visualisointi käytöntukijärjestelmässä. Ilman karttapohjaista tietoa työryhmistä ja keskeytyksistä, on haastavaa muodostaa kokonaiskuvaa siitä, mikä työryhmä on missäkin, missä ovat lähimmät vikapaikat ja millä vioilla on jo työryhmä. Tällöin asentajia ajatetaan helposti ristiin ja siirtymät vialta toiselle voivat olla tarpeettoman pitkiä. Epäoptimaaliset reitit pitkittävät viankorjausta ja lisäävät kustannuksia.

5.1.6 Maastosta saatavan tiedon hyödyntäminen

Erityisesti luonnonilmiöiden aiheuttamissa suurhäiriöissä maastosta saatava tilannetieto on tärkeä osa tilannekuvaa. Verkkoyhtiön valvomoon saadaan tietoa maastosta pääasiassa urakoitsijoilta, lentotarkastusten kautta tai asiakasilmoituksina. Tärkeää olisi saada mahdollisimman paljon tietoa vikapaikasta jo ennen kuin vialle lähetetään työryhmää. Tällöin viankorjaus nopeutuu, kun tarkka vikapaikka sekä tarvittava kalusto ja materiaalit ovat tiedossa jo etukäteen.

Vikailmoitusten kautta tietoon tulleet vikapaikat pystytään linkittämään keskeytyksiin ja visualisoimaan käytöntukijärjestelmän karttapohjalla. Keskeytysten lisäksi vikapaikkatieto tulisi pystyä liittämään myös käytöntukijärjestelmän vikailmoituksiin, sillä pienjänniteverkon vikoja käsitellään vikailmoituksina ennen kuin asentaja kytkee sähköt pois vikapaikalta.

Suurhäiriöissä asiakkailta tulevia vikailmoituksia vastaanotetaan niin paljon, että kaikkia vikapaikkoja ei välttämättä ehditä lisäämään käytöntukijärjestelmään ja arvokasta tietoa voi jäädä hyödyntämättä. Asiakasilmoitusten läpikäyntiä hidastaa suuren määrän lisäksi vaihtelu vikapaikkatiedon laadussa ja tarkkuudessa. Vikailmoitusten käsittelyä tulisikin pyrkiä automatisoimaan niistä saatavan hyödyn maksimoimiseksi.

Tiedonkulku asentajien ja verkkoyhtiön välillä aiheuttaa haasteita suurhäiriöiden kiireisimpänä aikana. Maastossa olevalla asentajilla on tärkeää tilannetietoa tuhojen laajuudesta maastossa, tarkoista vikapaikoista, vian aiheuttajasta ja sen arvioidusta korjausajasta sekä korjaamiseen tarvittavasta kalustosta. Vianhoitajat ovat ainoita henkilöitä verkkoyhtiössä, jotka ovat yhteydessä asentajiin viankorjauksen aikana ja ovat siten ainoa väylä kyseisten tilannetietojen välittämiseen. Suuren työmäärän ja kiireen takia yksittäiset puhelinkeskustelut pyritään pitämään lyhyinä ja kaikki ylimääräinen tietojen kirjaaminen minimoidaan. Kiireettömämmän tiedon välitykseen pitäisikin olla jokin muu väylä.

Vikatietojen lisäksi asentajilla on myös paras tieto korjausaika-arviosta. Korjausaika-arvioita ei kuitenkaan kiireisimpään aikaan kysyä vikaa korjaavilta asentajilta, vaan niitä päivitetään valvomosta käsin. Tällöin ei välttämättä ole tarkkaa tietoa tuhojen laajuudesta vikapaikalla tai ajankohtaista tietoa viankorjauksen etenemisestä. Tällä tavoin määritetyt arviota voidaan siten joutua muuttamaan useita kertoja. Tarkka korjausaika-arvio on kuitenkin tärkeä tieto sekä verkkoyhtiölle että jokaiselle sidosryhmälle, joten arvion välittämiseen maastosta pitäisi löytää sopiva väylä myös suurhäiriöiden kiireisimpinä aikoina.

5.1.7 Vianhoidon koordinointi

Keskijännitevianhoidon koordinaattori määrittää optimaaliset operointialueet käytönvalvojille siten, että työmäärä jakautuu mahdollisimman tasaisesti käytönvalvojien kesken. Häiriön edetessä aluejakoa voidaan joutua muuttamaan useita kertoja. Mikäli jollekin käytönvalvojalle kasaantuu liikaa vikoja käsiteltäväksi, muodostuu siitä pullonkaula koko viankorjausprosessille.

Alueiden jakamista varten koordinaattorin tulisi tietää vikojen määrä urakointialueittain sekä vikojen määrä käytönvalvojaa kohden. Tietojen tulisi olla lähes reaaliaikaisia. Tällä hetkellä tiedot joudutaan hakemaan manuaalisesti käytöntukijärjestelmästä ja sen tietokannasta, jolloin tieto vanhenee heti. Jatkuva tiedon hakeminen ja käsittely viekin valtaosan koordinaattorin työajasta.

5.1.8 Kustannusten arviointi

Häiriöiden aiheuttamat kustannukset ovat tärkeä tieto erityisesti yrityksen johdolle ja niitä pyritään arvioimaan jo häiriön aikana. Kustannusarvion laskentaan ei kuitenkaan ole toimivaa työkalua, vaan tällä hetkellä suuntaa antavia arvioita lasketaan yksinkertaistetusti taulukkolaskentaohjelmalla. Kustannukset koostuvat vakiokorvauksista, viankorjauskustannuksista ja välillisesti KAH-kustannuksista.

Vakiokorvauksien laskemiseen tarvitaan asiakaskohtaiset tiedot keskeytysajoista. Vakiokorvausten laskenta tapahtuu käytöntukijärjestelmässä, kun keskeytys on päättynyt ja validoitu. Validoinnissa keskeytykset tiedot varmistetaan oikeiksi ja keskeytys arkistoidaan. Suurhäiriöissä validointi voi tapahtua vasta useita päiviä häiriön päättymisen jälkeen, joten vakiokorvausten suuruutta pitäisi pystyä arvioimaan jo ennen validointia.

Viankorjauskustannusten arviointia hankaloittaa urakoitsijamäärän ja materiaalikustannusten seuraaminen vain karkealla tasolla. Urakoitsijoiden määrän seuraaminen perustuu virhealttiisiin manuaalisesti määritettäviin asentajien tilatietoihin. Materiaalikustannusten määrää on puolestaan haastavaa arvioida, sillä käytetyistä varastomateriaaleista ja tehdyistä materiaalitilauksista saadaan tieto urakoitsijoilta vasta häiriön päättyttyä.

KAH-kustannusten arviointi on myös tärkeää, sillä niillä on merkittävä vaikutus verkkoyhtiön sallittuun tuottoon. Käytöntukijärjestelmä laskee jo nyt jokaiselle keskeytykselle keskeytyskustannukset, joita voitaisiin hyödyntää koko häiriön keskeytyskustannusten arvioimisessa.

5.1.9 Korjausaika-arvioiden määrittäminen

Käytöntukijärjestelmä mahdollistaa tällä hetkellä korjausaika-arvioiden määrittämisen keskeytyskohtaisesti. Yhdellä keskeytyksellä voi kuitenkin olla useita vikapaikkoja, jolloin sähköt eivät palaudu kaikille keskeytyksen piirissä oleville asiakkaille yhtäaikaaisesti, vaan portaittain viankorjauksen edetessä. Korjausaika-arvio tulisikin pystyä määrittämään erotinvälikohtaisesti, jotta sen tarkkuudeltaan pystyisi vastaamaan todellista tilannetta.

5.1.10 Urakoitsijat

Diplomityöhön haastateltiin neljän eri urakointiyrityksen työnjohtoa, joilla kaikilla oli hyvin yhtenevä käsitys tilannekuvan hallinnan kehitystarpeista urakoitsijan näkökulmasta. Suurhäiriötilanteissa toiminta muuttuu monilta osin haastavaksi, kun vikoja on paljon ja työryhmiä liikutellaan urakointialueelta toiselle. Urakoitsijat saavat paljon tietoa käytöntukijärjestelmän kautta, mutta sen muodostama tilannekuvassa on kehitettävää työryhmien hallinnan osalta, kuten luvussa 5.1.5 todettiin.

Urakoitsijoilla ei ole omien tietojensa pohjalta mahdollisuutta muodostaa kokonaiskuvaa tai ennustetta häiriötilanteesta, joten he tarvitsevat myös ylemmän tason tilannetietoa verkkoyhtiöiltä. Oman toimintansa kannalta urakoitsijoita kiinnostavat erityisesti yhteenvedot tilanteen etenemisestä sekä ennusteet häiriön kestosta ja laajuudesta. Tär-

keää olisi tietää myös matkapuhelinverkon tilanne omalla urakointialueella, jotta katve-alueita osataan välttää.

Elenian verkkoalue on jaettu urakointialueisiin, joissa verkon huoltotöistä ja viankorjauksesta vastaavat alueurakoitsijat. Häiriötilanteissa kullekin urakointialueelle pyritään hankkimaan alueen työmäärää vastaava määrä viankorjausresursseja. Mikäli alueesta vastaavalla urakoitsijalla ei ole riittävästi resursseja saatavilla, voidaan kyseiselle alueelle siirtää työryhmiä muilta urakointialueilta tai hankkia ulkopuolisia urakoitsijoita.

Urakoitsijoiden siirtely alueelta toiselle voi aiheuttaa puutteita alueurakoitsijan työnjohdon tilannekuvaan. Alueurakoitsijan työnjohto ei aina ole tietoinen kaikista alueella liikkuvista muualta tulleista työryhmistä, mikä hankaloittaa työnjohtamista. Tähän auttaisi työryhmien visualisointi käytöntukijärjestelmässä.

Maastossa liikkuvilla työryhmillä on myös kehitystarpeita omassa tilannekuvassaan. Maastossa usein vaikea hahmottaa häiriön kokonaistilannetta tai oman urakointialueen tilannetta ja siellä olevaa työmäärää. Erityisesti vieraalla alueella työskentely on haastavaa, sillä asentaja ei voi enää hyödyntää paikallistuntemustaan. Kommunikointia paikallisen alueurakoitsijan kanssa tulisi kehittää, mikä helpottaisi materiaalien ja kaluston lainaamista.

5.2 Ulkoinen tilannekuva

Sähkökatkotietoja reaaliajassa esittävät häiriökartat ovat parantaneet ulkoista tilannekuvan hallintaa huomattavasti. Häiriökartan tarjoama tieto onkin riittävää useimmille asiakkaille, mutta kriittisillä asiakkailta ja muilla sidosryhmillä on tilannetiedon suhteen vaativampia tarpeita. Käyttäjien yksilöllisiin tarpeisiin pohjautuvia tilannekuvia ei pystytty tällä hetkellä tarjoamaan sidosryhmille järjestelmän välityksellä. Sähkökatkojen korjausaika-arvioiden tulisi tarkentua käyttöpaikkakohtaisiksi ja niiden laatua pitäisi pystyä parantamaan.

Sidosryhmille jaettavan tilannekuvan kehitystarpeiden määrittämiseksi tehtiin 12 haastattelua Elenian eri sidosryhmille. Haastatteluja tehtiin kahdelle pelastuslaitokselle, kahdelle kunnalle, hätäkeskuslaitokselle, teleoperaattorille, vesihuoltoyritykselle, elintarvikemarketille, Suomen kantaverkkoyhtiölle, Viestintävirastolle ja Liikennevirastolle. Haastateltavat henkilöt on lueteltu lähdeluettelon yhteydessä.

5.2.1 Pelastuslaitos

Diplomityöhön haastateltiin Elenian verkkoalueella olevaa Pirkanmaan pelastuslaitosta sekä Järvi-Suomen Energian verkkoalueella olevaa Etelä-Savon pelastuslaitosta.

Kummallakin haastatellulla pelastuslaitoksella oli käytössään verkkoyhtiöltä saatu näkymä keskijänniteverkon reaaliaikaisesta kytkentätilanteesta. Näkymä on kuitenkin irrallaan muusta tilannetiedosta eikä se sisällä tarkempaa tietoa keskeytysten alkamis- tai arvioiduista päättymisajankohdista. Kytkentätilanteen lisäksi pelastuslaitos tarvitsisi samaan näkymään tietoa myös keskeytyksen piirissä olevista kriittisistä käyttöpaikoista ja mahdollisimman tarkat sähkökatkojen kestoarviot. Nämä tiedot olisivat olennaisia esimerkiksi evakuointipäätöksiä tehdessä. Käytöntukijärjestelmän näkymän kautta pelastuslaitos näkee sähköttömänä olevat maantieteelliset alueet reaaliajassa. Sähkökatko-alueita voisi kuitenkin tarkentaa sisällyttämällä kytkentätilanteeseen keskijänniteverkon lisäksi myös pienjänniteverkon. Pelastuslaitoksen tilannekuvan muodostamisen kannalta paras vaihtoehto olisi, jos sähkökatkotiedot saataisiin pelastuslaitoksen omiin järjestelmiin.

Pelastuslaitoksen yhteyshenkilön sijoittaminen verkkoyhtiön valvomoon on nähty pääsääntöisesti hyvänä käytäntönä. Yhteyshenkilön on tarkoitus tukea verkkoyhtiön valvomon ja pelastusviranomaisten välistä puhelinyhteyttä välittämällä pelastuslaitokselle sen tarpeiden mukaista tietoa esimerkiksi häiriön yleisestä tilanteesta tai yksittäisten käyttöpaikkojen sähkökatkoista. Yhteyshenkilö voi välittää tietoa kaikille verkkoalueella toimiville pelastuslaitoksille.

Toisaalta tietoa pitäisi pystyä välittämään automaattisesti järjestelmän kautta. Tällöin tiedonvälitys olisi tehokkaampaa ja tieto pysyisi reaaliaikaisena. On myös riskialtista, jos tiedonvälitys riippuu liikaa yhteyshenkilöstä ja esimerkiksi resurssipulan takia yhteyshenkilöä ei saadakaan valvomoon.

Etelä-Savon pelastuslaitoksella yhteyshenkilöstä luovuttiin, kun pelastuslaitos sai katseluoikeuden Järvi-Suomen Energian käytöntukijärjestelmään vuonna 2011. Yhteyshenkilö nähtiin hyödyllisenä, mutta ei välttämättömänä tilannekuvan välittämisen kannalta. Käytäntö vaatii aina ylimääräisen resurssin, jota voitaisiin hyödyntää muissa pelastuslaitoksen tehtävissä. Kuitenkin todella vakavissa häiriötilanteissa yhteyshenkilö olisi hyvä olla.

Pelastuslaitos ja verkkoyhtiö tekevät yhteistyötä turvallisuutta uhkaaviin vikoihin liittyen. Pelastuslaitos käy eristämässä vikapaikkoja, jossa ohikulkijat voivat joutua kosketuksiin verkon jännitteisten osien kanssa. Pelastuslaitos ilmoittaa tällaisista vikapaikoista aina verkkoyhtiölle ja pyytää asentajia paikalle, jotta vikapaikka saadaan jännitteettömäksi. Pelastuslaitos jää usein vartioimaan vikapaikkaa ohikulkijoiden turvallisuuden vuoksi, mutta asentajia voidaan joutua odottamaan useita tunteja, jos kyseisten vikojen priorisointi ei ole riittävän tehokasta. Verkkoyhtiöllä voisikin olla omia työryhmiä pelastuslaitoksen apuna korjaamassa vain turvallisuutta uhkaavia vikoja.

5.2.2 Kunnat

Kuntaa kiinnostaa tieto sen omistamien kiinteistöjen sähkökatkoista ja niiden kestoarvioista. Tiedon avulla tarvittavat toimenpiteet pystytään kohdistamaan oikeisiin kiinteistöihin ja kuntalaisia pystytään tiedottamaan paremmin kunnan palveluiden tai toimintojen häiriintymisestä. Kuntien vastuulla on myös tarkastaa kotihoitopotilaiden ja vanhusten tila pitkissä sähkökatkoissa.

Tällä hetkellä kunnat saavat sähkökatkotietoa tekstiviestipalvelun ja julkisen häiriökartan kautta. Lisäksi kunnat ovat tyypillisesti yhteydessä pelastuslaitokseen, joka voi välittää eteenpäin verkkoyhtiöltä saamia tietoja. Ongelmana on, että tekstiviestipalvelun kautta saatujen viestien hallinta muuttuu haastavaksi, kun käyttöpaikkoja on paljon. Häiriökartalta on puolestaan työlästä etsiä yksitellen kaikkia käyttöpaikkoja koskevat keskeytykset ja siten myös omien käyttöpaikkojen kokonaistilanteen hahmottaminen on haastavaa. Lisäksi korjausaika-arvioiden luotettavuutta tulisi parantaa ja niiden ajankohittaisuus varmistaa. Tarkempia arvioita yksittäisistä keskeytyksistä on mahdollista saada kriittisiä asiakkaita palvelevan henkilön kautta. Tätä kautta tietoa saa kuitenkin suhteellisen harvoin, eikä tieto tällöin pysy ajantasaisena. Pitkissä sähkökatkoissa matkapuhelinverkkoon tulee katvealueita, joten tiedonsaanti ei voi olla puhelinkeskustelujen varassa.

Vanhusten ja kotihoitopotilaiden sähkökatkotietojen välittäminen on haastavaa, sillä verkkoyhtiö ei pysty eikä sen tehtäviin kuuluu tällaisten tietojen ylläpito. Kunnat sen sijaan ylläpitävät tietoja, mutta niitä ei välitetä verkkoyhtiöille, eivätkä kunnat siten saa kyseisten asiakkaiden sähkökatkotietoja. Tässä diplomityössä vanhusten ja kotihoitopotilaiden sähkökatkotietojen välittämistä tarkastellaan rajoitetusti, sillä asia ei noussut esille haastatteluissa.

5.2.3 Hätäkeskuslaitos

Sähköverkon häiriötilanteissa hätäkeskus vastaanottaa paljon sinne kuulumattomia puheluita, joissa ilmoitetaan sähköjen puuttumisesta tai tiedustellaan sähköjen palautumisajankohtaa. Hätäkeskus ruuhkautuu tällaisista puheluista erityisesti laajoissa häiriötilanteissa, jos sähköyhtiöiden omissa palvelunumeroissa on ruuhkaa tai sellaisia ei ole. Hätäkeskus pyrkii kuitenkin aina vastaamaan sähkökatkoihin liittyviin kyselyihin, vaikka puhelut eivät hätänumeroon kuuluisikaan.

Tällä hetkellä yhteistyö hätäkeskusten ja verkkoyhtiöiden välillä on vähäistä. Hätäkeskukselle on varattu oma puhelinyhteys verkkoyhtiön valvomoon, jonka kautta voidaan välittää onnettomuuksiin tai vikapaikkoihin liittyvää tietoa. Muista toimintamalleista ei ole sovittu, mutta toisaalta yhteistyön kehitystarpeita ei ole myöskään havaittu. Hätäkeskuksella ei oman toimintansa kannalta ole tarvetta saada tietoa verkkoyhtiöiltä, sillä hätänumeroon tulevat sähkökatkoihin liittyvät kyselyt tulisi pyrkiä ohjaamaan verkkoyhtiöiden asiakaspalveluun.

Vuonna 2015 otetaan käyttöön uusi valtakunnallinen hätäkeskustietojärjestelmä ERICA (*Emergency Responce Integrated Common Authorities*), joka on käytössä kaikilla hätäkeskustoimintaan osallistuvilla toimijoilla (hätäkeskuslaitos, poliisi, pelastustoimi, sosiaali- ja terveystoimi sekä Rajavartiolaitos). ERICA mahdollistaa viranomaisien yhteisen tilannekuvan muodostamisen ja jakamisen. Hätäkeskus vastaa tilannekuvan sisällön luomisesta.

5.2.4 Teleoperaattorit

Viimevuosien suurhäiriöiden myötä teleoperaattoreiden ja sähköverkkoyhtiöiden yhteistyön kehittäminen sähköverkon häiriötilanteissa on noussut voimakkaasti esille. Häiriöaikaista tiedonvaihtoa tulisi kehittää, sillä se olisi etu kummallekin kriittiselle infrastruktuurille ja sen myötä koko yhteiskunnalle ja sen toiminnalle.

Teleoperaattorit näkevät omista järjestelmistään saavatko heidän käyttöpaikkansa sähkön verkosta vai varateholähteen kautta. He eivät kuitenkaan tiedä, onko vika sähköverkossa vai heidän omissa laitteissaan. Tästä syystä teleoperaattorit tarvitsevat verkkoyhtiöltä tiedon omia käyttöpaikkojaan koskevista sähkökatkoista. Lisäksi halutaan tietää arvio katkon kestosta, jotta tiedetään pitääkö käyttöpaikalle hankkia lisää varavoimaa vai tullaanko sähköverkon vika korjaamaan ennen nykyisen akuston tai varavoiman loppumista. Varavoimaa on käytettävissä rajallisesti, joten se on pystyttävä kohdistamaan pahimpiin vikapaikkoihin.

Teleoperaattorien tulee myös pystyä tiedottamaan omia asiakkaitaan viestintäverkon häiriöistä ja niiden arvioiduista kestoista. Häiriöiden johtuessa sähköverkon vioista, on teleoperaattorin saatava verkkoyhtiöltä mahdollisimman luotettavaa ja reaaliaikaista tietoa sähköjen arvioidusta palautumisajankohdasta heidän käyttöpaikoilleen, jotta he pystyvät välittämään tietoa edelleen omille asiakkailleen.

Teleoperaattoreilla nykyisen tilannekuvan hallinnan ongelmat ovat pääasiassa samoja kuin kunnillakin. Omien käyttöpaikkojen tulisi erottua muusta sähkökatkotiedosta ja esitysmuodon tulisi olla karttapohjainen. Esimerkiksi Elisa onkin tehnyt rajapinnan, jonka kautta tekstiviestipalvelun viestit siirtyvät suoraan heidän järjestelmäänsä karttapohjaiseksi tiedoksi. Tekstiviestipalvelun kautta tuleva tieto ei kuitenkaan ole välttämättä kaikkein ajankohtaisin tieto, sillä korjausaika-arviota päivitettäessä viestiä ei automaattisesti lähetetä asiakkaille, vaan viestin lähettäminen on erillinen toimenpide. Verkkoyhtiön ja teleoperaattorin verkonhallintajärjestelmien välille haluttaisiinkin toimiva rajapinta, jotta toisen osapuolen reaaliaikaiset häiriötiedot saataisiin suoraan omiin järjestelmiin.

Lisäksi teleoperaattoreille olisi tärkeää saada tieto sähköverkon pahimmista vikapaikoista, joissa korjaus tulee kestävästi kauan. Käyttöpaikkojen todella suuresta määrästä johtuen yksittäisten katkotietojen läpikäyminen vie paljon aikaa, eikä anna selkeää kokonaiskuvaa siitä, mihin varavoimaa kannattaa ensisijaisesti viedä. Ongelmana on kuitenkin se, että teleoperaattorit haluaisivat tiedon jo heti häiriön alkuvaiheessa, jolloin verkkoyhtiöillä ei vielä ole kokonaiskuvaa pahimmista vika-alueista eikä kovin tarkkaa tietoa pystytäkään antamaan.

Tiedonvaihtoa verkkoyhtiöiden ja teleoperaattoreiden välillä hankaloittaa toimijoiden lukumäärä. Verkkoyhtiöiden tulee olla yhteydessä kolmeen eri operaattoriin ja operaattoreiden puolestaan kaikkiin häiriöalueen verkkoyhtiöihin, joita voi olla kymmeniä.

Teleoperaattorit kohdistaisivat mielellään varavoimaa sellaisille katvealueille, joissa sähköverkon asentajilla on ongelmia puhelinyhteyksien kanssa, jos näistä paikoista ilmoitettaisiin heille. Tällöin tulisi kuitenkin olla varmuus siitä, minkä operaattorin häiriöistä huono yhteys johtuu.

5.2.5 Kriittiset asiakkaat

Viimeaikaiset suurhäiriöt ovat vaikuttaneet kriittisten asiakkaiden oman varautumisen parantumiseen, mikä on vähentänyt häiriöiden heille aiheuttamia haittavaikutuksia. Kuitenkin kriittiselle asiakkaalle on tärkeää saada luotettava arvio sähköjen palautumisajankohdasta, jonka pohjalta asiakas pystyy suunnittelemaan omaa toimintaansa ja tekemään riittäviä toimenpiteitä varautumisen suhteen.

Diplomityöhön haastateltiin kahta Elenian kriittistä asiakasta, jotka ovat yhteiskunnan kannalta merkittäviä. Näiden lisäksi myös teleoperaattori ja kunta, jotka erityisasemansa vuoksi käsiteltiin omissa luvuissaan, voidaan laskea kriittisiksi asiakkaiksi. Tässä luvussa käsitellään vesihuoltoyrityksen ja elintarvikkeita myyvän marketin näkökulmaa sähkökatkojen vaikutuksiin ja häiriötilanteen tilannekuvan kehityskohtiin.

5.2.5.1 Jyväskylän Energian vesihuolto

Vesi on elintärkeä hyödyke ja elintarvikkeeksi rinnastettava tuote. Vesijohtoverkko kuuluu Suomessa kriittisiin infrastruktuureihin ja vesihuollon tulisi toimia kaikissa olosuhteissa. Tapanin ja Hannun päivien myrskyissä sähkönsaantihäiriöt aiheuttivat useiden yhtiöiden vesihuoltopalveluissa vesikatkoja, veden laatuhäiriöitä sekä viemäroinnin toimimattomuutta. (Huoltovarmuusorganisaatio et al. 2013)

Jyväskylän Energian vesihuollolla on suurin osa käyttöpaikoista Elenian verkkoalueella. Useat Jyväskylän Energian kriittiset käyttöpaikat sijaitsevat maaseudulla, jossa on sääolosuhteille haavoittuvaista avojohtoverkkoa. Jyväskylän Energian vedenjakelualueella on erityispiirteenä suuria korkeuseroja, enimmillään noin 120 metriä. Yhdellä pumppaamalla pystytään pumppaamaan vettä noin 40 metrin korkeuteen, joten esimerkiksi 120 metrin korkeuseron saavuttamiseksi tarvitaan neljän pumppaamon ketju. Yhdenkin pumppaamon joutuessa sähköttömäksi veden jakelu häiriintyy.

Jyväskylän Energian alueella sijaitsee jätevesilaitos, johon johdetaan heidän vesiverkkonsa läpi myös lähikuntien jätevedet. Jyväskylän Energian kannalta on tärkeää, ettei jäteveden pumppaaminen jätevesilaitokselle keskeydy, sillä jäteveden ylijuuksuttaminen voi heikentää alueen pintaveden laatua pitkän aikaa.

Jyväskylän Energialla pääosa vedenjakeluun tarvittavasta vedestä tuotetaan kolmella suurella vesilaitoksella. Kahdella laitoksella vettä pystytään vielä tuottamaan riittävästi jakelua varten. Kuitenkin tilanne, jossa yksi kolmesta laitoksesta on väliaikaisesti pois käytöstä esimerkiksi remontin tai saneerausten takia ja toisessa laitoksessa veden tuotanto keskeytyy sähkökatkon takia, voi johtaa veden loppumiseen ja vedenjakelun keskeytymiseen.

Erityisesti tekopohjavesilaitos on haavoittuvainen sähköverkon suurhäiriöissä. Tekopohjavesilaitos tarvitsee pitkiä pumppaamoketjuja, sillä vesi pumpataan korkeaan harjuun, joka suodattaa raakaveden tekopohjavedeksi. Jyväskylän Energian tekopohjavesilaitoksella on yhteensä kahdeksan eri käyttöpaikkaa, joista viisi on niin kriittisiä, että laitoksen vedentuotanto keskeytyy yhdenkään niistä joutuessa sähköttömäksi.

Häiriötilanteissa vesiyhtiöt suunnittelevat oman toimintansa siten, ettei vesijohtoverkon paine pääse romahtamaan. Paineen romahtaessa veteen voi imeytyä saasteita maaperästä, mikä vaarantaa veden hygieniatason. Riittävää painetta ylläpidetään vesitorneihin varastoidun veden avulla. Vesitorneihin varastoitu vesi riittää vedenjakeluun tietyksi ajaksi, joka määrää aikarajat toiminnalle. Vesiyhtiöillä on rajattu määrä siirrettäviä varavoimakoneita ja tärkeimmillä käyttöpaikoilla on kiinteät varavoimakoneet. Kuten teleoperaattoreidenkin tapauksessa, siirrettävät varavoimakoneet pitää pystyä kohdistamaan niille käyttöpaikoille, joissa niitä eniten tarvitaan. Päätökset häiriön vaatimista toimenpiteistä ja varavoiman sijoittamisesta pohjautuvat pitkälti sähköverkon vikojen korjausaika-arvioihin.

Häiriötilanteissa vesihuoltoyhtiön tiedontarve on sama kuin kunnalla ja teleoperaattoreillakin. Aika-arvioiden tukena voisi lisäksi olla tieto viankorjauksen vaiheesta. Esimerkiksi tieto siitä, onko vialle jo lähetetty työryhmä vai ei, kertoisi viankorjauksen etenemisestä ja sen avulla voitaisiin arvioida korjausaika-arvion luotettavuutta.

5.2.5.2 K-supermarket Muurame

Muuramen kauppakeskuksessa sijaitseva K-supermarket kärsi vuoden 2013 syksyllä Eino-myrskyssä pitkistä sähkökatkoista, joiden takia kauppa joutui olemaan suljettuna kolme vuorokautta. Sähkökatkon alkaessa koko kauppakeskus suljettiin. Elintarvikkeita myyvän supermarketin pakasteet ja kylmätuotteet alkoivat lämmetä välittömästi sähköjen katkettua ja lopulta kaikki pakasteet ja maitotuotteet jouduttiin heittämään pois.

Kauppiaas arvioi pakasteiden säilyvän pilaantumatta neljästä kuuteen tuntiin ja kylmätuotteiden kuudesta kahdeksaan tuntiin sähköjen katkeamisesta. Lämmentäviä tuotteiden myyminen on kuitenkin aina riski kauppiaille. Sähkökatkoista aiheutuvaa haittaa on osittain vaikea mitata rahassa. Haittaa aiheutuu ainakin menetetyistä myynnistä, poisheitetyistä pilaantuneista tuotteista, työntekijöille turhaan maksetuista palkoista sekä asiakkaiden uskollisuuden menetyksestä kaupan ollessa suljettuna.

Pitkiin sähkökatkoihin varautuminen on elintarvikkeita myyville marketeille haastavaa. Sähkönkulutus on niin suurta, että supermarketit voivat toimia oman varavoiman avulla vain joitain tunteja. Sähkökatkoissa marketit vuokraavat usein suuria kylmäkontteja, johon saadaan säilöttyä osa pakasteista ja kylmätuotteista. Eino-myrskyssä kaikkia tuotteita ei kuitenkaan saatu mahtumaan yhteen konttiin, vaan niitä olisi pitänyt vuokrata useita.

Eino-myrskyssä Muuramen K-supermarketin kauppias sai tietoa sähkökatkon arvioidusta kestosta häiriökartan ja puhelinpalvelun nauhoitteen kautta. Arviota kuitenkin muutettiin myöhäisemmäksi useita kertoja, joten siihen ei voinut luottaa. Lisäksi uusi arvio päivitettiin vanhan tilalle vasta kun vanha aika oli jo umpeutunut. Kauppiaan oli siten vaikea suunnitella omaa toimintaansa ja tiedottaa asiakkaita kaupan aukeamisajan kohdasta.

Elintarvikkeita myyville marketeille sähkökatkoista aiheutunutta haittaa voi siis käynnöissä vähentää vain lyhentämällä sähkökatkojen kestoa. Tyypillisesti vastaavat marketit on sijoitettu keskusta- ja taajama-alueille, jolloin niiden prioriteetti viankorjauksessa on suhteellisen korkea. Kuten luvussa 5.1.3 todettiin, vikojen priorisointia tulisi kehittää siten, että viankorjaus pystytään toteuttamaan prioriteettijärjestyksessä.

5.2.6 Fingrid

Sähkönjakeluverkon häiriöt voivat joissain tapauksissa aiheuttaa ongelmia Suomen kantaverkkoyhtiö Fingridille. Fingridillä on joitain pieniä sähköasemia, jotka saavat sähkönsä jakeluverkosta. Sähköasemilla on kuitenkin akut, jotka pitävät aseman toiminnassa kymmenestä tunnista vuorokauteen. Lisäksi jakeluverkon häiriöiden vaikutuksesta kantaverkon jännitetaso voi vaihdella, mikä vaikuttaa loissähkön tasapainoon.

Jakeluverkon häiriöissä Fingrid näkee omien verkonvalvontajärjestelmiensä kautta tehojen alkavan pudota sellaisissa paikoissa, joissa Fingrid on jakeluverkkoyhtiön asiakas. Kyseiset paikat ovat tiedossa myös Elenialla ja ne on merkitty kriittisiksi. Valvomoiden yhteystiedot on vaihdettu, sillä toisen osapuolen verkkoon vaikuttavissa häiriötilanteissa valvomoiden välinen puhelinyhteys on välttämätön. Normaalitilanteissa puhelinyhteys on ollut riittävän nopea ja toimiva, mutta jakeluverkon suurhäiriöissä Fingridillä on ollut vaikeuksia saada yhteyttä jakeluverkkoyhtiöihin. Suurhäiriöissä tulisi kiinnittää huomiota siihen, että Fingridiltä tulevat puhelut priorisoidaan ja niihin vastataan mahdollisimman pian. Lisäksi puhelinyhteyksien katketessa on oltava suunniteltu jokin varayhteys. Elenian valvomosta löytyy esimerkiksi VIRVE-puhelimet, joita voidaan käyttää yhteydenpitoon.

Häiriötilanteita varten Fingrid tarvitsee omiin verkonvalvontajärjestelmiinsä jakeluverkkoyhtiöiden kytkinlaitteiden reaaliaikaiset tilatiedot ensimmäisiin katkaisijoihin ja maakytkimiin asti verkkojen liityntäpisteistä. Kytkinlaitteiden tilatiedot selkeyttävät häiriötilanteen tilannekuvaa, sillä siitä nähdään heti aiheutuuko häiriö jakelu- vai kantaverkosta. Vastaavasti kantaverkon reaaliaikainen kytkentätilanteen voidaan jakaa jakeluverkkoyhtiöille. Tällä hetkellä Elenialla on manuaalisesti ylläpidettävä kantaverkon kytkentätilanne, mutta valvomoiden tietojärjestelmien välistä rajapintaa ollaan toteuttamassa reaaliaikaisen tiedonvaihdon mahdollistamiseksi.

Fingridin ja jakeluverkkoyhtiöiden häiriötilanteisiin liittyvää yhteistyötä voitaisiin kehittää muiltakin osin. Esimerkiksi tykkylumi voi aiheuttaa laajoja häiriöitä sekä kantaverkkoon että jakeluverkkoon. Tykkylunta on hankala havaita, joten eri verkonhaltijat voisivat tiedottaa toisiaan löytyneistä tykkylumialueista.

Voimatalouspoolissa on pohdittu myös varaosapoolin perustamista. Suurhäiriöissä verkkoyhtiöt tarvitsevat poikkeuksellisen paljon varaosia verkon korjaamiseen. Varaosien loppuessa omista varastoista uusien hankkiminen voi kestää kauan. Varaosapoolin kuuluvat verkonhaltijat pystyisivät tällöin hyödyntämään toistensa varaosavarastoja. Esimerkiksi Fingridillä on varastossa paljon varaosia 110 kV verkkoon, joita alueverkoa omistavat jakeluverkkoyhtiötkin voisivat hyödyntää.

5.2.7 Viestintävirasto

Viimevuosien myrskyjen aiheuttamissa suurhäiriöissä huomattiin sähkö- ja teleyritysten yhteistyössä olevan puutteita, jotka aiheuttavat merkittäviä ongelmia kummallekin osapuolelle sekä yhteiskunnan toiminnalle. Näiden ongelmien pohjalta Viestintävirasto perusti häiriötilanteiden yhteistoimintaryhmän (HÄTY) keväällä 2013. Yhteistoimintaryhmään kuuluvat Viestintäviraston lisäksi tele- ja sähkönjakeluyritykset sekä tele- ja sähköverkkourakoitsijat, Energiavirasto, Ilmatieteen laitos, Huoltovarmuuskeskus, sisäasiainministeriön pelastusosasto ja hätäkeskuslaitos.

Työryhmän pääasiallisena tehtävänä on varautua häiriötilanteisiin suunnittelemalla, valmistelemalla ja toteuttamalla tarvittavia toimenpiteitä yhteistoiminnan parantamiseksi. Lisäksi tehtävänä on hankkia ja toimittaa häiriötilanteiden hallinnan kannalta tarpeellista tietoa Viestintäviraston päätöksenteon tueksi ja ryhmän sisäiseen käyttöön. Yhtenä tavoitteena oli myös muodostaa tilannekuva ja jakaa sitä sellaisille toimijoille, jotka

voivat vähentää häiriötilanteiden haitallisia vaikutuksia yhteiskunnalle. HÄTY kuitenkin hakee vielä muotoaan ja tähänastisen toiminnan aikana tilannekuvan muodostaminen ei ole tuntunut tarkoituksenmukaiselta, sillä HÄTY ei ole operatiivinen toimija.

Reilun vuoden toiminnan jälkeen työryhmällä on jo paljon konkreettisia saavutuksia. Kaikkien Suomessa toimivien sähköverkko- ja teleyhtiöiden valvomoiden yhteystiedot on vaihdettu keskenään, minkä kautta luotiin edellytykset yhteistyölle. Toinen merkittävä saavutus oli teleyhtiöiden kriittisten laittilojen määrittäminen. Teleyhtiöt hakivat verkoistaan kriittiset laittilat, jotka kaatuessaan vievät mukanaan yli kuusi tukiasemaa. Kriittisen laittilan kaatuminen johtaa televerkon häiriön nopeaan laajenemiseen. Suomessa on yli 30 000 laittilaa, joista kriittisiksi luokiteltiin noin 4 500. Tiedot kriittisistä laittiloista on välitetty sähköverkkoyhtiöille verkkoaluekohtaisesti. Tavoitteena on, että verkkoyhtiöt hyödyntäisivät tietoja vikojen priorisoinnissa.

Teleyhtiöillä on velvollisuus ilmoittaa Viestintävirastolle oman verkkonsa vioista ja häiriöistä. Viestintävirasto puolestaan tiedottaa häiriöistä valtion hallintoa. Mikäli häiriöt johtuvat sähkökatkoista, on sähköverkon tilannekuva olennainen kokonaiskuvan muodostamisessa. Tärkeintä olisi, että tarkat tiedot sähkökatkoalueista ja niiden arvioituista kestoista välitettäisi suoraan teleyhtiöille, mutta tiedoista olisi hyötyä myös Viestintävirastolle.

5.2.8 Liikennevirasto

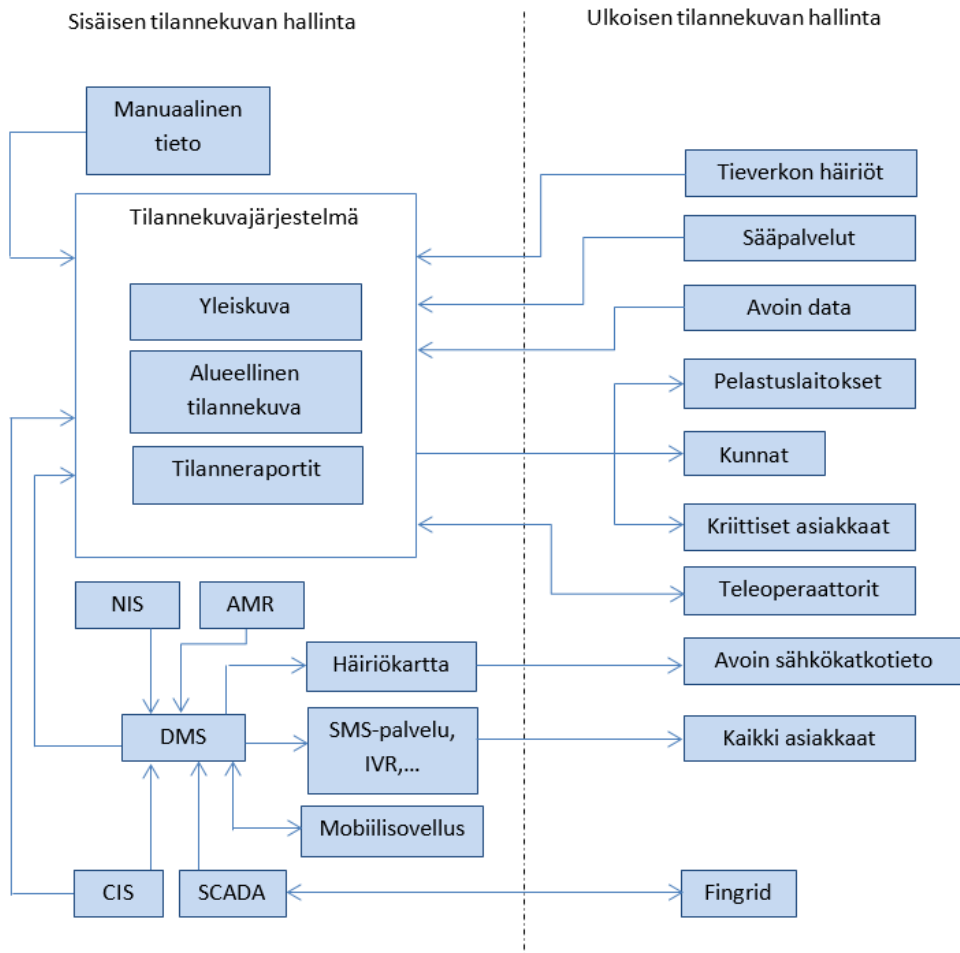
Myrskyjen vaikutuksesta kaatuvat puut tukkivat liikenneväyliä hankaloittaen maastossa liikkuvien viranomaisten ja urakoitsijoiden kulkua. Valtion tieverkon kunnossapitovastuu on Ely-keskuksilla, joiden toimintaa ohjaa Liikennevirasto. Liikenneviraston Liikennekeskuksissa valvotaan tieverkkoa ja ylläpidetään julkista tilannekuvaa tieverkon häiriöistä. Kaikki tilannekuvan tieto on avointa dataa eli vapaasti kenen tahansa hyödynnettävissä. Häiriötiedot koskevat kuitenkin vain valtion teitä, joista Liikennevirasto on vastuussa. Loput tieosuudet kuuluvat kaupunkien, kuntien tai yksityiset tahojen vastuulle. Valtion tiet ovat pääosin maanteitä ja pääteitä, joiden häiriöistä saadaan ilmoitus Liikennekeskukseen hyvin nopeasti. Tällöin myös teiden raivaus tapahtuu nopeasti.

Verkkoyhtiöiden asentajilla suurimmat ongelmat maastossa kulkiessa ovatkin usein metsäisten alueiden pienemmällä yksityisteillä, joita ei raivata yhtä tehokkaasti. Talvella myös rankka lumisade voi aiheuttaa ongelmia, jos teitä ei ehditä auraamaan. Tieverkon häiriöt voivat hidastaa viankorjausta useilla tunneilla tai estää sen kokonaan. Kaikilla tieverkon haltijoilla tulisikin olla velvollisuus ylläpitää oman tieverkkonsa tilannekuvaa.

6 TILANNEKUVAN HALLINNAN MÄÄRITTELY

Tässä luvussa on määritelty sähköjakeluverkon häiriötilanteen tilannekuvan hallinnan tavoitetaso sekä sisäisen että ulkoisen tilannekuvan osalta. Määrittely pyrkii vastaamaan luvussa viisi esitettyihin tilannekuvan hallinnan kehitystarpeisiin. Luvussa ei oteta kantaa tekniseen toteutukseen kovinkaan vahvasti, vaan ennemminkin pyritään määrittämään järjestelmä- ja prosessikehitystä ohjaavat suuntaviivat.

Kuva 6.1 esittää tilannekuvan hallintaa kokonaisuutena tietojärjestelmien osalta. Nuolet kuvaavat tilannekuvan välittämistä eri osapuolten tai järjestelmien välillä.



Kuva 6.1. Periaatekuva sähköjakeluverkon häiriötilanteiden tilannekuvan hallinnasta tietojärjestelmien osalta.

Kuva 6.1 auttaa hahmottamaan tässä luvussa esitettävää kokonaisuutta tilannekuvan hallinnasta. Sisäisen tilannekuvan hallinta on määritelty luvussa 6.1 ja ulkoisen tilannekuvan hallinta luvussa 6.2.

6.1 Sisäisen tilannekuvan hallinnan määrittely

Sisäisen tilannekuvan hallinnassa tulee huomioida verkkoyhtiön olemassa olevien tietojärjestelmien rooli tilannekuvan tuottamisessa sekä tarve uusille järjestelmäratkaisuille. Järjestelmän käyttötarkoitus ja käyttäjäkunta määrittävät sen, mitä tietoa järjestelmissä on tarkoituksenmukaista esittää. Esimerkiksi käytöntukijärjestelmän tulee esittää kaikki käytönvalvojien tarvitsema tieto heidän tilannetietoisuutensa muodostamiseksi.

Kuitenkaan kaikkea mahdollista häiriötilanteeseen liittyvää tietoa ei pystytä tai ei ole kannattavaa esittää käytöntukijärjestelmässä. Tässä diplomityössä esitetään, että tällaisen tilannetiedon keräämiseen, kokoamiseen, analysointiin, esittämiseen ja jakamiseen käytettäisiin erillistä tilannekuvajärjestelmää. Tilannekuvajärjestelmä esittäisi eritasoista tietoa verkkoyhtiön sisäisiin tarpeisiin sekä mahdollistaisi käyttäjäkohtaisen tilannekuvan jakamisen sidosryhmille. Tilannekuvajärjestelmä on määritelty luvussa 6.1.1.

Olemassa olevien tietojärjestelmien osalta tässä määrittelyssä on keskitytty käytöntukijärjestelmään, jolla on hyvin olennainen rooli tilannekuvan muodostamisessa. Luvussa 6.1.2 on esitetty määrittely käytöntukijärjestelmän kehitykselle.

6.1.1 Tilannekuvajärjestelmä

Tässä luvussa määritellään tilannekuvajärjestelmä sähköverkkoyhtiön työkaluksi tilannekuvan hallintaan. Järjestelmä sisältää yleiskuvan, joka tarjoaa kootun esityksen päätöksenteon kannalta olennaista tietoa sekä tarkemman tason tilannekuvan, josta saadaan muodostettua sidosryhmille heidän tarpeidensa mukaiset reaaliaikaiset tilannekuvat. Lisäksi järjestelmä sisältää aiemmin manuaalisesti tehdyt tilanneraportit, joiden avulla häiriön kehitystä voidaan seurata. Sidosryhmien osuutta on käsitelty luvussa 6.2.

6.1.1.1 Yleiskuva

Yleiskuvan tarkoituksena on antaa nopea kokonaiskuva häiriötilanteesta. Yleiskuva ei sisällä yksityiskohtaista tietoa yksittäisistä keskeytyksistä, vaan se kuvaa tilannetta koko verkkoalueen tasolla. Yleiskuva ei myöskään saa sisältää liikaa tai liian yksityiskohtaista tietoa tai se menettää merkityksensä, ainoastaan kokonaiskuvan hahmottamisen kannalta olennainen tieto on tarpeellista.

Yleiskuva on olennainen korkeamman tason päätöksenteossa. Käytönjohto ja muut suurhäiriöorganisaation vastuuhenkilöt ovat vastuussa häiriötilanteen hallinnasta. Vastuuhenkilöiden on pystyttävä tekemään päätöksiä tarvittavista toimenpiteistä liittyen varautumiseen, resursointiin, erikoiskaluston hankintaan sekä painopistealueiden ja häiriönaikaisen toimintamallin määrittämiseen. Päätöksenteon edellytyksenä on häiriötilanteen hahmottaminen kokonaisuutena ja ymmärrys sen kannalta merkittävistä asioista sekä niiden keskinäisistä vaikutussuhteista ja mahdollisista kehitysvaihtoehdoista.

Yleiskuvan hahmottamisen kannalta olennaista on esittää tieto siten, että reagointia vaativat asiat nousevat esille muusta tiedosta. Verkkoyhtiölle tärkeitä häiriötilanteeseen kytkeytyviä tunnuslukuja voidaan esittää esimerkiksi mittareiden ja graafien avulla. Mittarit kuvaavat jonkin suureen nykyhetken arvoa ja värien avulla voidaan ilmaista nopeasti millä tasolla suureen arvo on sen tavoitetasoon verrattuna. Graafien kautta mitattavan suureen arvon muutokset nähdään kokonaisuutena koko häiriön ajalta.

Yleiskuvan kannalta tärkeitä toiminnan tasoa kuvaavia mittareita ovat verkkoyhtiön palvelutaso ja vikapuhelinpalvelun vastausprosentti, joita mitataan jo nyt reaaliajassa. Näiden lisäksi viankorjauksen tasoa kuvaavia mittareita voisivat olla esimerkiksi sähkömarkkinalain laatuvaatimuksissa tai verkkoyhtiön omien palvelulupauksien mukaisessa keskeytysajassa pysyminen. Vikojen jakautumista rajaamattomiin, työryhmää

odottaviin ja korjattavana oleviin vikoihin voitaisiin myös mallintaa mittarilla, jolloin saataisiin kokonaiskuva viankorjauksen etenemisestä. Käytönvalvojien liian vähäinen määrä aiheuttaa merkittävän pullonkaulan viankorjaukseen, joten heidän työmääränsä mallintaminen oman mittarin avulla helpottaisi reagointia käytönvalvojamäärän kasvattamiseen tai operointialueiden uudelleenjakamiseen. Graafien avulla voitaisiin yleiskuvassa esittää sähköttömien asiakkaiden, vikojen ja asentajien määrää, joiden kehityksen seuraaminen on merkittävää kokonaistilanteen ymmärtämisen kannalta.

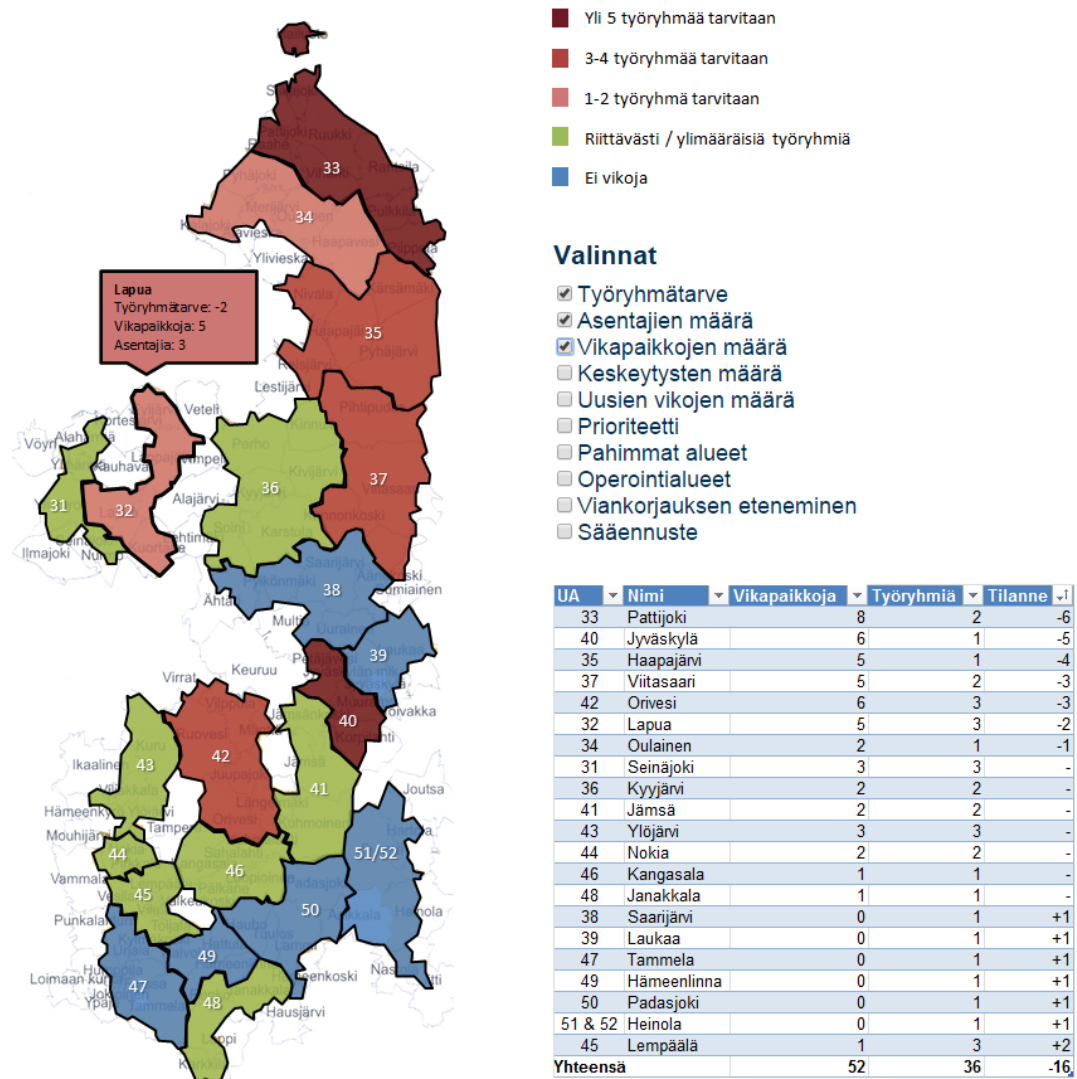
Graafien ja mittareiden lisäksi myös lyhyet ja ytimekkään sanalliset selvitykset tehtyistä ja suunnitelluista toimenpiteistä varautumisen ja häiriön hallinnan suhteen, sekä ajankohtainen ennuste häiriön kehittymisestä tukisivat hyvin automaattisesti kerättävää tilannetietoa.

Ennustetta tulisi pyrkiä muodostamaan järjestelmän avulla hyödyntäen järjestelmistä saatavaa analysoitua tietoa. Ennusteen muodostamiseen voidaan käyttää reaaliaikaista tietoa resursseista, vikapaikoista, keskeytysten ja erotinväliden prioriteettijärjestyksestä, analysoiduista erotinvälikohtaisista korjausaika-arvioista ja niiden mukaan lasketuista syntyneistä kustannuksista. Nämä lähtötiedot olisivat saatavissa käytöntukijärjestelmästä, mikäli sitä kehitetään luvun 6.1.2 mukaisesti. Tietojen pohjalta tilannekuvajärjestelmä voisi laskea lähes reaaliajassa kuinka esimerkiksi sähköttömien asiakkaiden määrä, keskeytysten määrä tai kustannukset tulevat kehittymään, mikäli viat korjataan prioriteettijärjestyksessä ja korjausaika-arvion mukaisessa ajassa. Resurssimäärän kehittymistä voidaan arvioida historiatietojen perusteella, sillä käyrämuoto on useimmiten häiriötilanteissa samanlainen. Tällöin pystytään ennustamaan myös resurssitarvetta vertaamalla vikapaikkojen määrää tai niille määritettyä työryhmätarvetta resurssien määrään. Resurssitarpeen ennustaminen on häiriötilanteen johtamisen kannalta hyvin olennaista. Ennuste paranee entisestään, jos siinä pystytään hyödyntämään myös sääennustetta esimerkiksi tuulennopeudesta, ukkosrintaman etenemisestä tai lumikuormien kertymisestä, minkä kautta voidaan ennustaa uusien vikojen syntymistä eri alueiden ilmajohtoverkkoon.

Ylemmän tason tietoa on lisäksi tarvetta esittää karttapohjalla, sillä verkkoalue voidaan jakaa urakointialueisiin, operointialueisiin, maakuntiin ja kuntiin, joista kaikista tarvitaan koottua aluekohtaista tietoa. Urakointialueittainen tieto on tärkeää, sillä kaikki viankorjaukseen liittyvä operatiivinen toiminta tapahtuu aina urakointialueittain. Operointialueet kertovat vianhoidon alueittaisesta vastuusta ja ovat olennainen tieto vianhoitoa ja sen koordinoimista, resurssien hallintaa sekä kriittisten asiakkaiden palvelua tekeville henkilöille. Maakuntatasoinen tieto antaa karkeamman tason tilannekuvan, jonka kautta kokonaistilanteen hahmottaminen on nopeampaa. Kuntatasoista tietoa voidaan puolestaan hyödyntää esimerkiksi viestinnässä tai asiakaspalvelussa.

Karttapohjainen esitystapa sopii kuvaamaan verkkoalueen kriittisiä pisteitä. Yleiskuvan kannalta on merkittävää tietää, mitkä ovat pahimmat alueet, joissa vikoja on paljon ja niiden korjaaminen kestää kauan. Alueellisen asentajamäärän vertaaminen vikojen määrään puolestaan kertoo mille alueille on hankittava lisää asentajia ja miltä alueilta lisäresursseja on mahdollista saada. Häiriötilanteen etenemistä voidaan seurata mittaamalla uusien vikojen määrää alueittain. Tilanteen kehittymisen ennustamisen kannalta puolestaan säätilan kehitys on tärkeä tieto. Lisäksi edellä mainittua järjestelmän luomaa ennustetta voitaisiin tarkastella alueittain eri tekijöiden näkökulmasta ajan suhteen.

Kuvassa 6.2 on esitetty havainnekuva karttapohjaisesta yleiskuvasta.



Kuva 6.2. Karttapohjainen kokonaiskuva häiriötilanteesta urakointialueittain.

Kuvassa 6.2 on esimerkki karttapohjaisesta yleiskuvasta, jossa esitettävät tiedot ovat käyttäjän valittavissa. Kartan avulla voi visualisoida nopeasti eri alueiden tilannetta. Karttaa tukemaan voidaan käyttää myös listamuotoista tietoa, jonka avulla alueet voi asettaa järjestykseen.

6.1.1.2 Alueellinen tilannekuva

Alueellinen tilannekuva antaa yleiskuvaa tarkemman ja yksityiskohtaisemman tilannekuvan ja helpottaa tilanteen seuraamista esimerkiksi maakunnan tai urakointialueen osalta. Tilanteen seuraaminen käytöntukijärjestelmän kautta on raskasta ja osittain käytettävyydeltään kankeaa. Alueellinen tilannekuva vastaisi olemukseltaan helppokäyttöistä häiriökarttaa, mutta sisältäisi laajemmin käytöntukijärjestelmästä saatavaa tietoa verkkoon ja viankorjaukseen liittyen.

Alueellisessa tilannekuvassa esitettäviä reaaliaikaisia tietoja olisivat verkkotiedot, kytkentätilanne, keskeytysten tiedot, vikapaikat, sähköttömät kriittiset asiakkaat, teleoperaattoreiden häiriötiedot, viankorjauksen tila ja viankorjausjärjestys. Lisäksi alueelliseen tilannekuvaan voisi lisätä avointa dataa esimerkiksi säätiedoista, tieverkon häiriöistä tai kelikameroista.

Erillinen alueellinen tilannekuva ei ole välttämätön operatiivisen toiminnan kannalta, sillä suurin osa tiedoista löytyy käytöntukijärjestelmästä ja sinne voitaisiin lisätä myös loput edellä mainituista tiedoista. Kuitenkin tilanteen seuraaminen voisi helpottua kevyemmän ja käytettävyydeltään yksinkertaisemman järjestelmän kautta. Lisäksi alueellinen tilannekuva vastaisi hyvin läheisesti sidosryhmille toimitettavaa ulkoista tilannekuvaa. Esitettäviä tietoja rajaamalla saataisiin verkkoyhtiön alueellisesta tilannekuvasta räätälöityä kunkin sidosryhmän tarvitsema ulkoinen tilannekuva.

6.1.1.3 Tilanneraportit

Häiriötilanteen kehittymisen seurannan ja ymmärtämisen kannalta on tärkeää pystyä tarkastelemaan erilaisten tunnuslukujen kehitystä ajan suhteen. Sähkönjakeluverkon häiriötilanteissa tärkeimpiä seurattavia tunnuslukuja ovat sähköttömien asiakkaiden määrä, keski- ja pienjänniteverkon keskeytysten määrä, vikapaikkojen määrä, urakoitsijoiden määrä, SAIDI, kustannukset sekä yleiskuvan yhteydessä mainitut mittarit. Tilanneraportit tarjoaisivat syvällisempää ja monipuolisempaa tietoa kuin yleiskuva.

Tilannekuvan tulee antaa käsitys häiriön etenemisestä, jolloin häiriön kehittymisen seuranta historiatietojen avulla on olennaista. Graafit havainnollistavat eri suureiden arvojen muutosta ajan suhteen ja niiden avulla saa hyvän kuvan siitä mitä on tapahtunut ja missä vaiheessa häiriö on tällä hetkellä. Häiriötilanteen menneiden tapahtumien ymmärtäminen on edellytys toisen tason tilannetietoisuuden muodostamiselle. Häiriön kehittymisen esittäminen tilannekuvassa helpottaa myös esimerkiksi vuoronvaihtotilanteita. Lisäksi tietoja voidaan hyödyntää raportoinnissa ja häiriöiden analysoinnissa jälkikäteen.

Edellä mainittujen suureiden kehityksen kuvaaminen, esimerkiksi muodostamalla kuvaajia, tapahtuisi automaattisesti tilannekuvajärjestelmän avulla. Tietoa olisi tarjolla myös alueellisesti, mikä mahdollistaisi häiriön seuraamisen myös alueellisella tasolla. Vertaamalla häiriön tietoja menneiden häiriöiden tietoihin, voitaisiin arvioida esimerkiksi resurssien riittävyyttä ja mahdollisesti ennustaa tilanteen kehittymistä.

Kuvaajien yhteyteen voitaisiin kerätä myös mahdollisten tilannepalaverien tai tilannekatsausten materiaalit, jolloin kaikki kyseiseen häiriöön liittyvä tieto löytyisi yhdestä paikasta. Jälkeenpäin häiriön tietoja voitaisiin tarkastella järjestelmän kautta. Menneet häiriötilanteet voitaisiin lisäksi käydä läpi tapahtuma tapahtumalta alueellisen tilannekuvan tai karttapohjaisen yleiskuvan tasolla, jotta häiriötilanteen aikaista toimintaa voidaan analysoida ja kehittää.

Kustannusten arviointi häiriön aikana on tärkeää verkkoyhtiön johdolle. Laskennan tulee tapahtua järjestelmässä, sillä manuaalisesti tehtynä laskenta on raskasta ja vaatii paljon yksinkertaistuksia, jotka voivat vääristää tuloksia. Käytöntukijärjestelmässä on riittävät tiedot keskeytyskustannusten ja vakiokorvausten laskemiseen. Viankorjauskustannuksiin sisältyvät urakoitsijoiden ja oman henkilöstön palkat, materiaalikustannukset ja erikoiskalustokustannukset. Käytöntukijärjestelmässä on tiedot työtilauksista ja tulevaisuudessa myös asentajista. Näiden tietojen perusteella voidaan arvioida urakoitsijoiden osuutta viankorjauskustannuksista suhteellisen tarkalla tasolla. Oman henkilöstön määrä voitaisiin syöttää järjestelmään samoin kuin erikoiskalustosta aiheutuvat kustannuksetkin. Materiaalinkäyttöä tulisi myös seurata tarkemmin häiriön aikana, jotta materiaalikustannukset pystytään arvioimaan. Toisaalta materiaalikustannukset ovat suhteessa hyvin vähäiset muihin kustannuksiin nähden, joten niiden vaikutus kokonaiskustannuksiin ei ole kovin merkittävä.

6.1.1.4 Muuta

Yleiskuvan, alueellisen tilannekuvan ja tilanneraportoinnin lisäksi tilannekuvajärjestelmään voitaisiin kerätä myös muuta häiriötilanteen kannalta olennaista tietoa. Tällaisia voisivat esimerkiksi olla henkilöstölle suunnatut tiedotteet, vastuuhenkilöiden työvuorot tai häiriötilanteeseen liittyvien dokumenttien jakaminen ja yhteiskäyttö.

6.1.2 Käytöntukijärjestelmän kehitys

Käytöntukijärjestelmä vaatii kehitystä tarjotakseen kokonaisvaltaisemman tilannekuvan häiriötilanteesta päätöksenteon tueksi. Tärkeimpiä kehityskohteita ovat vikojen priorisointi, resurssien hallinta, korjausaika-arvioiden määrittäminen sekä mobiilikäytön mahdollistaminen.

6.1.2.1 Priorisoinnin määrittäminen

Käytöntukijärjestelmä tarvitsee kehitystä keskeytysten asettamisessa priorisointijärjestykseen sekä prioriteettien visualisoinnissa siten, että kriittisimmät viat erottuvat suuresta vikamassasta. Priorisointia tapahtuu kahdella eri tasolla. Ylemmällä tasolla asetetaan operointialueen kaikki keskeytykset käsittelyjärjestykseen. Alemmalla tasolla priorisointi tapahtuu keskeytyksen sisällä, erotinväleittäin.

Priorisointia varten on määritettävä säännöt, joiden perusteella keskeytysten korjaamisjärjestys määritetään. Eri tekijöiden merkitys priorisoinnissa voi vaihdella häiriön edetessä, joten viankorjausjärjestyksen määrittämiseen käytettäviä ehtoja pitää pystyä muuttamaan dynaamisesti. Esimerkiksi suurhäiriötilanteen alussa, kun vikoja rajataan kaukokäytöllä, on tärkeää huomioida ensisijaisesti KAH-kustannukset, joita kertyy rajaamattomista vioista todella nopeasti. Kun taas vioille aletaan lähettää työryhmiä, on huomioitava myös kriittiset asiakkaat.

Vikojen priorisoinnissa tärkeimpiä tekijöitä ovat keskeytyksen aiheuttama laskennallinen haitta eli KAH-kustannukset, keskeytyksen kriittiset asiakkaat kriittisyysluokan mukaan painotettuina, sähkömarkkinalain laatuvaatimukset, yhtiön omat kriteerit, keskeytyksen kesto ja keskeytyksestä muodostuvat vakiokorvaukset. Lisäksi tulisi pystyä priorisoimaan niitä keskeytyksiä, jotka aiheuttavat sähköturvallisuusriskin asiakkaalle tai ohikulkijoille. Sähkömarkkinalain laatuvaatimusten, yhtiön omien kriteerien ja vakiokorvausten priorisoinnissa kannattavaa on huomioida jäljellä oleva aika kriteerin tai vakiokorvausten seuraavan aikaportaan täyttymiseen. Prioriteetin tulisi siis nousta ajan vähetessä. Vianhoidon koordinaattori voisi hallita priorisointia ja muuttaa sitä häiriön edetessä.

Teleoperaattoreiden mastojen priorisoinnissa voitaisiin hyödyntää tietoa siitä, toimiiko masto akustolla tai varavoimalla, ja kuinka pitkäksi aikaa sähköä riittää. Tällöin voitaisiin paremmin ennaltaehkäistä katvealueiden syntymistä. Kriittisten mastojen visualisointia karttapohjalla voitaisiin muuttaa sitä mukaan kuin varavoima vähenee. Tämä edellyttää kuitenkin kyseisten tietojen saamista teleoperaattoreilta ja rajapinnan luomista järjestelmien välille.

Keskeytykset tulisi asettaa prioriteettijärjestykseen sekä listamuodossa että visuaalisesti käytöntukijärjestelmän karttapohjalla. Visuaalinen esitys helpottaa kokonaistilanteen hahmottamista vianhoitajan alueella ja työryhmien ohjaamista lähimmälle korkean prioriteetin vialle. Keskeytyskriittisten asiakkaiden huomioiminen häiriötilanteissa voi olla haastavaa, joten priorisoinnin tukena voitaisiin käyttää listamuotoista esitystä sähköttömistä kriittisistä asiakkaista ja heidän lähes reaaliaikaisista keskeytysajoistaan. Tämä helpottaisi esimerkiksi teleoperaattoreiden mastojen tilanteen seuraamista. Listaa voisivat hyödyntää esimerkiksi kriittisten asiakkaiden asiakaspalvelijat ja vianhoidon koordinaattori.

Lisäksi käytöntukijärjestelmän tulisi tukea erotinvälikohtaista priorisointia, joka edellyttää edellä mainittujen priorisointiin tarvittavien tietojen esittämistä visuaalisesti karttapohjalla. Erotinvälikohtaisessa priorisoinnissa käsitellään yhtä keskeytystä kerrallaan ja tilannekuvan tulisi tarjota tietoa siitä, miten viankorjauksessa on kannattavinta edetä. Käytönvalvojan tulisi nähdä yhdellä silmäyksellä kriittisimmät erotinvälit, joihin pyritään palauttamaan sähköt ensimmäisenä. Yhden erotinvälin viankorjaus voi muuttaa koko keskeytyksen prioriteettia merkittävästi.

Viankorjausjärjestyksen lisäksi poikkeuksellisen kriittisistä keskeytyksistä tarvitaan käytöntukijärjestelmään erillinen hälytys. Aktiivisena olevat hälytykset näkyisivät omalla listallaan sekä voimakkaasti visualisoituna kartalla. Hälytysehdot tulisi pystyä määrittelemään käytöntukijärjestelmään esimerkiksi valitun KAH:n tai sähköttömien asiakkaiden arvon ylittymisenä.

Seuraavassa esimerkissä on tarkasteltu eri tekijöiden vaikutusta priorisointijärjestystä määritettäessä syntyvien KAH-kustannusten kannalta.

Priorisointitapojen vertailu

Normaalitilanteessa sähköverkossa on niin vähän vikoja, että niitä pystytään hoitamaan yhtäaikaaisesti, eikä priorisointia juurikaan tarvita. Vakavammassa häiriötilanteessa vikojen korjausjärjestyksellä on merkittävä vaikutus häiriöstä aiheutuviin keskeytyskustannuksiin. Tässä luvussa on tutkittu KAH-kustannuksiin perustuvaa priorisointia taloudellisesta näkökulmasta simuloitujen keskeytysten avulla.

KAH-kustannusten mukaista priorisointia voidaan tehdä ainoastaan, jos järjestelmä laskee keskeytyskustannuksia reaaliajassa. Tällä hetkellä priorisointi perustuu usein sähköttömän johto-osuuden laajuuteen tai sijaintiin, keskeytyksen piirissä olevien sähköttömien asiakkaiden määrään tai kriittisiin asiakkaisiin. KAH-kustannuksia on kuitenkin vaikea arvioida edellä mainittujen tietojen perusteella. Suuren asiakkaan sähkönkulutus voi olla yli tuhatkertainen tavalliseen kotitalousasiakkaaseen verrattuna, jolloin myös keskeytyksestä asiakkaalle aiheutuva haitta on paljon suurempi. Esimerkiksi eräs haja-asutusalueella sijaitseva keskijännitejohtolähtö, jonka piirissä on 120 asiakasta aiheuttaa enemmän KAH-kustannuksia kuin yli 800 asiakkaan taajamaa syöttävä johtolähtö. Haja-asutusalueen johtolähdön KAH-kustannuksista yli 90 % aiheutuu yhdestä asiakkaasta, sähkönkulutukseltaan suuresta tv-mastosta. Tunnin kestävässä sähkökatkossa tv-masto aiheuttaisi yksin yli 15 000 euroa KAH-kustannuksia.

Toteutuneiden keskeytysten priorisoinnin tutkiminen jälkikäteen käytöntukijärjestelmässä pelkkien historiatietojen avulla ei ole tällä hetkellä mahdollista. Tarkkoja aikoja siitä, milloin työryhmä lähetettiin vialle, ei ole kirjattu ylös, eikä siten voida tietää mitä vikoja on milloinkin priorisoitu. Tämän takia eri tekijöihin perustuvaa priorisointia tutkittiin simuloimalla keskeytyksiä käytöntukijärjestelmän testiversiossa. Keskeytyksiä simuloitiin Saarijärven sähköaseman viidelle eri keskijännitejohtolähdölle, sitten että jokainen johtolähtö muodosti oman keskeytyksen. Oletuksena oli, että viat korjataan yksi kerrallaan ja yhden vian korjaamiseen kuluu kaksi tuntia. Johtolähtöjä ei rajattu keskeytyksen aikana, mikä olisi pienentänyt KAH-kustannuksia. Priorisointi tehtiin neljällä eri tavalla, käyttäen priorisoinnin perusteena asiakasmäärää, kriittisiä asiakkaita ja KAH-kustannuksia, sekä vertailun vuoksi huonointa mahdollista priorisointijärjestystä. Tulokset on koottu taulukkoon 6.1.

Taulukko 6.1. Keskeytyskustannusten muodostuminen eri priorisointiperusteita käytettäessä.

Prioriteetti	Lähtö	KAH (€)	Asiakkaita	Keskeytyskriittisyys
Keskeytyskustannus	1	59721	465	1 x kriittinen terveyspalvelu
	2	52812	1551	1 x kriittinen terveyspalvelu
	3	56684	698	3 x kriittinen terveyspalvelu
	4	26067	819	-
	5	16967	220	-
	Yhteensä	212250		
Asiakasmäärä	2	27628	1551	1 x kriittinen terveyspalvelu
	4	11616	819	-
	3	56684	698	3 x kriittinen terveyspalvelu
	1	191286	465	1 x kriittinen terveyspalvelu
	5	16967	220	-
	Yhteensä	304181		
Keskeytyskriittisyys minimi	3	22068	698	3 x kriittinen terveyspalvelu
	1	108794	465	1 x kriittinen terveyspalvelu
	2	77235	1551	1 x kriittinen terveyspalvelu
	4	26067	819	-
	5	16967	220	-
	Yhteensä	251131		
Keskeytyskriittisyys maksimi	3	22068	698	3 x kriittinen terveyspalvelu
	2	52812	1551	1 x kriittinen terveyspalvelu
	1	151656	465	1 x kriittinen terveyspalvelu
	5	13985	220	-
	4	31528	819	-
	Yhteensä	272049		
Käänteinen KAH	5	3614	220	-
	4	11616	819	-
	3	56684	698	3 x kriittinen terveyspalvelu
	2	100809	1551	1 x kriittinen terveyspalvelu
	1	222496	465	1 x kriittinen terveyspalvelu
	Yhteensä	395219		

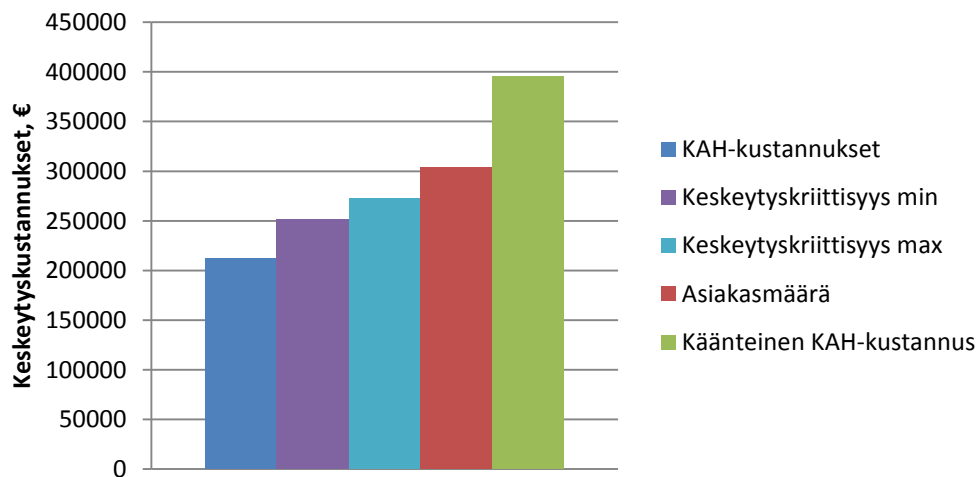
Ensimmäinen priorisointi perustuu keskeytyskustannuksiin ja on siten myös verkkoyhtiölle taloudellisesti optimaalisin priorisointitapa. Tällöin eniten KAH-kustannuksia aiheuttavat viat korjataan ensin, jolloin KAH-kustannukset saadaan minimoitua. KAH-kustannuksia kertyi tällä menetelmällä noin 212 tuhatta euroa.

Asiakasmäärää priorisoitaessa korjataan ensin lähdöt, joissa asiakasmäärä on suurin. Priorisoitavat lähdöt ovat tyypillisesti keskusta- ja taajama-alueita. Tällä menetelmällä KAH-kustannukset nousivat 304 tuhanteen euroon. Eniten KAH-kustannuksia aiheutta-

va lähtö 1 korjattiin vasta neljäntenä, jolloin kyseinen lähtö aiheutti 131 tuhatta euroa enemmän KAH-kustannuksia kuin edellisessä tapauksessa.

Kriittisiin asiakkaisiin perustuva priorisointi ei ollut suoraviivaista, sillä lähtöjä ei voitu järjestää pelkän keskeytyskriittisyyden perusteella. Lähdöllä 3 oli 3 kriittistä terveyspalveluasiakasta, joten se priorisoitiin ensimmäiseksi. Lähdöillä 1 ja 2 oli kummallakin 1 samaan kriittisyysluokkaan kuuluva terveyspalveluasiakas ja lähdöillä 4 ja 5 ei käytöntukijärjestelmän mukaan ollut kriittisiä asiakkaita. Tällöin lähtöjen 1 ja 2 tai lähtöjen 4 ja 5 keskinäistä järjestystä ei voitu määrittää keskeytyskriittisyyden perusteella. Tämän takia simuloitiin KAH-kustannusten kannalta parasta ja huonointa prioriteettijärjestystä. Kriittisiin asiakkaisiin perustuva priorisointi aiheuttaisi siis 251–272 tuhatta euroa KAH-kustannuksia.

Viimeinen priorisointi kuvaa KAH-kustannusten kannalta huonointa mahdollista tilannetta, jossa vähiten asiakkaille haittaa aiheuttava keskeytys korjataan ensimmäisenä. Tällöin keskeytyskustannukset saavuttavat maksimiarvonsa, 395 tuhatta euroa. Eniten KAH-kustannuksia aiheuttava lähtö 1 korjataan viimeisenä, jolloin kyseinen lähtö aiheuttaa yksin yli puolet keskeytyskustannuksista. Eri priorisointimenetelmillä syntyneet KAH-kustannukset on koottu kuvan 6.3 diagrammiin.



Kuva 6.3. Priorisointimenetelmien vaikutus KAH-kustannuksiin.

Kuvan 6.3 perusteella ero ensimmäisen ja viimeisen priorisointimenetelmän välillä on lähes 183 tuhatta euroa. Käytännössä verkkoyhtiöt eivät kuitenkaan voi priorisoida viankorjausta pelkästään KAH-kustannusten mukaisesti, vaan myös kriittiset asiakkaat, sähkömarkkinalain laatuvaatimukset ja turvallisuusriskin aiheuttavat viat tulee huomioida. Kuitenkin viankorjauksesta saadaan merkittävästi kustannustehokkaampaa hyödyntämällä reaaliaikaista tietoa keskeytyksistä kertyvistä KAH-kustannuksista, vaikka muitakin tekijöitä huomioitaisiin.

Sähköttömien asiakkaiden määrään perustuvan priorisoinnin ja kriittisiin asiakkaisiin perustuvan priorisoinnin kustannustehokkuus on tapauskohtaista. Jos kriittinen asiakas on tehonkulutukseltaan pieni ja sijaitsee lähdöllä, jonka KAH-kustannukset ovat pienet, on sähköttömien asiakkaiden määrään perustuva priorisointi todennäköisesti kustannustehokkaampaa.

Todellisuudessa vikojen priorisointi ei suoraan perustu mihinkään edellä mainituista priorisointimenetelmistä, vaan on todennäköisemmin sekoitus kaikkia menetelmiä. On siis vaikeaa määrittää, kuinka paljon Elenia voisi säästää KAH-kustannuksissa muuttamalla priorisointimenetelmää. Vuoden 2013 Seija-myrskyssä kertyi noin 8 miljoonaa

euroa KAH-kustannuksia vikakeskeytyksistä. Edellisen simuloinnin tapauksessa keskeytyskustannuksiin perustuvan priorisoinnin kautta voisi säästää 16–46 % KAH-kustannuksissa muihin menetelmiin verrattuna, mikä tarkoittaisi Seija-myrskyssä 1,3–3,7 miljoonaa euron säästöjä KAH-kustannuksissa.

KAH-kustannusten tarkoituksena on mitata keskeytyksestä asiakkaalle koitunutta haittaa. Tällöin on myös asiakkaan etu, että KAH-kustannukset huomioidaan priorisoinnissa, sillä sen myötä asiakkaille aiheutunut haitta pyritään minimoimaan. Energiaviraston valvontamalli ohjaa verkkoyhtiöitä pienentämään keskeytyskustannuksia, jotta päästään lähemmäs yhteiskunnallis-taloudellisesti optimaalista tavoitetilaa, jolloin sekä verkonhaltijalle että asiakkaille keskeytyksistä aiheutuneet kustannukset minimoituvat.

Keskijännitevikojen priorisoinnin lisäksi tulisi huomioida myös pienjännitevikojen priorisointi. Pienjännitevikoja ei usein priorisoida lainkaan suurhäiriöissä, vaikka niidenkin KAH-kustannuksissa voi olla suuria eroja. Pienjännitevikojen KAH-kustannukset voivat jopa ylittää keskijännitevian aiheuttamat KAH-kustannukset. Lisäksi pienjänniteverkossa voi olla nollavikojia tai johdinkatkeamia, jotka aiheuttavat sähköturvallisuusriskin asiakkaille ja joita siten pitäisi priorisoida keskijännitevikojen rinnalla.

6.1.2.2 Resurssien hallinta

Resurssien hallinta on tunnistettu kehityskohteeksi erityisesti suurhäiriötilanteiden tilannekuvassa. Resurssien kokonaistilanteen hallinnassa voidaan hyödyntää luvun 6.1.1.1 mukaista yleiskuvaa, jonka kautta saadaan tieto alueittaisesta resurssitarpeesta. Tarkemman tason resurssien hallinnassa tarvitaan puolestaan käytöntukijärjestelmän kehitystä, jotta työryhmien optimaalinen ohjaaminen ja alueellinen tilannekuvan hallinta mahdollistuvat.

Työryhmät on visualisoitava käytöntukijärjestelmässä, jotta niiden sijainteja pystytään tarkastelemaan kokonaisuutena ja suhteessa keskeytyksiin. Optimaalista olisi, jos asentajien tietoja pystyttäisiin käsittelemään käytöntukijärjestelmän kautta ja ne linkittyisivät suoraan keskeytyksiin. Asentajien sijainti on sähkötyöturvallisuussyistä pystytävä määrittämään kytkinlaitteen tarkkuudella, joten järkevintä olisi ylläpitää sijaintitietoja ainoastaan yhdessä järjestelmässä ja tarkimmalla tarvitulla tasolla.

Resursseja voidaan visualisoida yksittäisinä asentajina tai työryhminä. Mikäli työryhmään kuuluu useampia asentajia, on työryhmän jakaminen yksittäisiin asentajiin oltava mahdollista. Asentajat voivat olla eri puolilla vikaantunutta johtoa, jolloin kunkin asentajan sijaintitietoa on pystytävä ylläpitämään kytkinlaitekohtaisesti. Visualisoinnissa voidaan hyödyntää tietoa asentajan tai työryhmän kalustosta, jolloin nähdään nopeasti missä on lähin sopivan kaluston omaava työryhmä kullekin vialle. Lisäksi pelkkää vianrajausta tekevät henkilöt olisi kannattavaa visualisoida eri tavoin väärinkäsitysten välttämiseksi.

Sijaintitietoja voidaan ylläpitää joko manuaalisesti tai paikannukseen pohjautuen. Manuaalinen asentajan kytkinlaitekohtaisen sijaintitiedon ylläpito ja visualisointi käytöntukijärjestelmässä, olisi jo merkittävä parannus ja yksinkertaistus tämänhetkiseen toimintamalliin. Yhdistettynä asentajatietojen ylläpitoon käytöntukijärjestelmässä se täydentäisi käytönvalvojan tilannekuvaa, vähentäisi tarvittavien manuaalisten kirjausten määrää ja siten myös virheellisten kirjausten riskiä. Sijaintitiedon ylläpito on kuitenkin oltava käytettävyydeltään riittävän yksinkertaista. Työryhmän sijaintia voisi esimerkiksi muuttaa raahaamalla työryhmäsymbolia hiirellä käytöntukijärjestelmän karttapohjalla.

Paikannusta hyödynnettäessä on huomioitava, että tällä hetkellä yleisesti käytössä oleva ajoneuvojen paikannus ei ole välttämättä yksin riittävä ylläpitämään kunkin asentajan kytkinlaitekohtaista sijaintia, jolloin sen rinnalle tarvitaan myös manuaalista sijain-

titiedon päivitystä. Paikannustieto tarkentuisi, jos kukin asentaja paikannettaisiin erillisellä laitteella. Tällöin on kuitenkin riskitekijöitä voivat olla paikannuslaitteen akun loppuminen, laitteen hajoaminen tai jos paikannussignaalia ei löydy. Tällöin on oltava mahdollisuus määrittää sijainti manuaalisesti järjestelmään.

Paikannusta käytettäessä on lisäksi huomioitava, että lainsäädännön mukaan kaikilta paikannettavilta on oltava suostumus paikannukseen. Työryhmien visualisointi hyödyttää verkkoyhtiötä pääasiassa suurhäiriötilanteissa, jolloin joudutaan usein hankkimaan urakointiapua myös sopimusurakoitsijoiden ulkopuolelta. Näiden uusien urakoitsijoiden paikantamiseen tarvittaisiin ylimääräisiä paikannuslaitteita, joita pitäisi olla saatavilla eripuolilla verkkoaluetta ja joihin pitäisi liittää asentajien tiedot. Lisäksi tulisi huolehtia uusien asentajien suostumuksesta paikannukseen. Tällaisessa tilanteessa manuaalinen sijaintitietojen päivittäminen voi osoittautua huomattavasti yksinkertaisemmaksi ja helpommaksi tavaksi saada uudet urakoitsijat osaksi tilannekuvaa.

Työryhmien hallinta käytöntukijärjestelmässä helpottaisi myös viankorjauksen etenemisen seuraamista. Tällöin järjestelmä voisi ylläpitää tietoa siitä, millä keskeytyksillä on työryhmä ja millä ei. Tietoa voitaisiin hyödyntää verkkoyhtiön alueellisessa tilannekuvassa sekä sidosryhmille jaettavassa tilannekuvassa. Lisäksi käytöntukijärjestelmässä voitaisiin ylläpitää nykyistä selkeämmin tietoa keskeytykseen liittyvistä viankorjaustöiden työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojista sitomalla tieto aikaan, asentajaan ja asentajan sijaintiin. Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja on nimettävä jokaiseen työkohteeseen, mutta tiedon ylläpito monimutkaistuu, jos keskeytyksellä on useita työryhmiä eri vikapaikoilla tai samalla vikapaikalla käy useita työryhmiä ja vastuu sähköturvallisuudesta vaihtuu korjauksen aikana.

Asentajien tietojen ylläpito käytöntukijärjestelmässä toisi luotettavuutta resurssimäärän seurantaan. Asentajan tilatietojen määrittäminen olisi mahdollista osittain automatisoida, sillä järjestelmä voisi muuttaa asentajan tilaksi ”töissä”, silloin kun levossa oleva asentaja lisätään ensimmäiselle keskeytykselle ja työryhmä visualisoidaan kartalle. Kun taas asentaja päättää työvuoronsa ja työryhmä poistetaan kartalta, voisi järjestelmä vaihtaa tilaksi ”levossa”. Tarkka asentajien määrä tarkentaa resurssien suunnittelua ja seurantaa sekä viankorjauskustannusten arviointia. Asentajan tiedoissa tulisi näkyä myös töissäoloaika, jolloin työvuorojen pituuksia voidaan seurata pitkäkestoisissa suurhäiriöissä, joissa vuorot voivat venyä todella pitkiksi.

Käytöntukijärjestelmän kehitys resurssien hallinnan osalta tukisi paljon myös urakoitsijan toimintaa. Kehityksen myötä urakoitsijoiden työnjohto näkisi käytöntukijärjestelmän kautta omien ja vieraiden työryhmien sijainnit visualisoituna, mikä helpottaisi työnjohtoa ja oman urakointialueen viankorjaustilanteen kokonaiskuvan hahmottamista. Urakoitsijoiden käyttöoikeuksia voidaan rajata siten, että alueurakoitsijat näkevät vain omalla alueellaan liikkuvat työryhmät, sillä urakointiyritykset ovat kuitenkin keskenään kilpailevia yrityksiä.

6.1.2.3 Korjausaika-arvioiden määrittäminen

Sähkökatkojen päättymisajankohdan arvioita tulisi pystyä määrittämään nykyisen keskeytyskohtaisen arvion sijaan erotinvälikohtaisesti. Viankorjauksen edetessä sähköt palautetaan portaittain erotinväleille, jolloin myös arviot pitää pystyä määrittämään samalla tarkkuudella, jotta ne saadaan vastaamaan todellista tilannetta. Tällä hetkellä arvio määritetään sen erotinvälin mukaan, joka saa viimeisenä sähköt, jolloin arvio on virheellinen kaikille muille erotinväleille.

Korjausaika-arvioiden tarkentuminen hyödyttäisi sekä sisäistä että erityisesti ulkoista tilannekuvaa. Sidosryhmille ei pystytä välittämään tarkkoja käyttöpaikkokohtaisia arvioita järjestelmän välityksellä, ellei arvioita pystytä määrittämään vastaavalla tasolla.

Arvioiden määrittäminen erotinvälikohtaisesti lisää kuitenkin työmäärää huomattavasti. Arvioiden päivittäminen manuaalisesti on liian raskasta, joten tueksi tarvitaan automatisointia arvioiden laskemiseen ja asettamiseen käytöntukijärjestelmältä.

Tarkka arvio vikapaikan korjausaika-arviosta tulisi aina asentajalta maastosta. Kuitenkin joku arvio on pystyttävä antamaan myös silloin, kun vialla ei ole vielä käynyt työryhmää eikä vian tyyppi ole tiedossa. Tällöin tarkkaa arviota ei pystytä vielä määrittämään, mutta hyödyntämällä käytöntukijärjestelmässä olevaa tietoa, voidaan määrittää laskennallinen arvio, joka olisi myös laadultaan parempi kuin manuaalisesti määritetty arvio. Arvion laskennassa käytöntukijärjestelmä voisi hyödyntää tietoja alueen työryhmien suhteesta vikapaikkojen määrään, alueen korjattavana olevien vikojen korjausaika-arvioista, kyseessä olevan keskeytyksen ja erotinvälin prioriteetista ja uusien vikojen syntymistiheydestä kyseiselle alueelle. Käytöntukijärjestelmä voisi laskea ensimmäisen arvion edellä mainittujen tietojen perusteella ja asettaa sen automaattisesti kaukokäytöllä rajatuille keskeytyksille. Mikäli vian tyyppi on tiedossa esimerkiksi helikopteritarkastuksen tai asiakasilmoituksen kautta, voi järjestelmä hyödyntää kyseisen vikatyypin keskimääräistä korjausaikaa laskennassa, jolloin arvio tarkentuu. Käytöntukijärjestelmä pystyisi myös huolehtimaan arvioiden ajankohtaisuudesta päivittämällä arvioita säännöllisesti, jolloin ne eivät pääse vanhentumaan.

Työryhmän saapuessa vikapaikalle, saadaan arvio tarkennettua. Työryhmä määrittää korjausaika-arvion vikaantuneelle erotinvälille ja tarkentaa sitä tarvittaessa korjauksen edetessä. Tällöin käytöntukijärjestelmä voi automaattisesti tarkentaa myös viereisten erotinvälien korjausaika-arviota, olettaen esimerkiksi, että korjaus etenee erotinväli erotinväliltä, siten että asentajan määrittämä korjausaika-arvio pätee muillekin keskeytyksen piiriin kuuluville erotinväleille.

Tässä diplomityössä ei ole tarkemmin määritelty korjausaika-arvioiden laskentaperiaatteita tai teknistä toteutusta, vaan aihepiiri vaatii jatkotutkimusta.

6.1.2.4 Mobiilisovellus

Häiriötilanteen tilannekuvan kannalta olennaista olisi saada enemmän tietoa kulkemaan maaston ja käyttökeskuksen välillä. Mobiilisovelluksen kautta urakoitsijat voisivat lisätä tilannetietoa käytöntukijärjestelmään suoraan maastosta, jolloin tieto saadaan nopeammin ja tehokkaammin osaksi tilannekuvaa.

Asentajilla on paras mahdollinen tieto korjausaika-arviosta, jonka he voisivat itse päivittää erotinvälikohtaisesti sovelluksen kautta. Sovellus voisi myös antaa asentajille tietoa viankorjauksen keskeytyskohtaisesta tavoiteajasta. Tavoite sisältäisi sähkömarkkinalain laatuvaatimusten mukaisen tavoiteajan, yhtiön omien kriteerien mukaisen tavoiteajan sekä asiakkaille ilmoitetun arvion sähkökatkon päättymisestä. Tällöin asentaja olisi tietoisempi verkkoyhtiön tavoitteista viankorjauksen suhteen ja pystyisi seuraamaan myös omaa suoritustaan. Järjestelmä voisi antaa hälytyksen, kun asiakkaalle annettu arvio lähestyy, jolloin asentaja muistaa päivittää ajan tarvittaessa. Näin varmistettaisiin korjausaika-arvioiden parempi laatu ja ajankohtaisuus, joka hyödyttäisi niin verkkoyhtiötä kuin sen sidosryhmiäkin.

Korjausaika-arvioiden lisäksi asentajat voisivat lisätä maastossa havaitsemiaan vikapaikkoja itse käytöntukijärjestelmään sovelluksen kautta, jolloin arvokas tieto ei hukkuisi välitysvaiheessa. Tietoa voisi lisätä sekä vialta, jolle asentaja itse on määrätty sekä muilta vikapaikoilta, joita asentaja maastossa liikkueensa havaitsee. Vikapaikkatietoon sisältyisi vian tyyppi, aiheuttaja, korjaukseen tarvittava kalusto ja arvio työryhmien tarpeesta.

Asentajan mahdollisuudella lisätä vikapaikkatietoa suoraan käytöntukijärjestelmään saavutetaan paljon etuja. Vikapaikkatiedon määrän ja luotettavuuden kasvaessa viankor-

jaus nopeutuisi lyhentäen sähkökatkojen kestoja ja siten katkoista aiheutuvaa haittaa ja kustannuksia. Lisäksi resurssimäärän suunnittelu helpottuu, kun työn määrää pystytään kuvaamaan tarkemmalla tasolla. Tarkka tieto viasta on erityisen tärkeää silloin, kun vika vaatii erityiskalustoa tai on erityisen työläs ja työryhmiä tarvitaan lisää. Vikapaikoista voisi myös lisätä kuvan järjestelmään, jolloin haastavistakin vikapaikoista saadaan yksikertaisesti tarkkaa tietoa.

Sen lisäksi, että käytöntukijärjestelmän mobiilikäytöllä voidaan mahdollistaa tiedon kerääminen, toimisi se samalla myös asentajan tilannekuvana. Asentaja saisi paljon tietoa vikapaikasta sovelluksen kautta jo ennen kuin hän lähtee paikan päälle. Mobiilikäyttöinen verkkokartta korvaisi epäkäytännölliset paperiset käyttökartat ja se helpottaisi asentajien liikkumista maastossa, erityisesti vierailualueilla. Verkkotyyppi kertoisi asentajalle minkä tyyppistä materiaalia vikapaikalla tarvitaan. Järjestelmässä voisi hyödyntää myös esimerkiksi verkon kunnossapidon lentotarkastuksista saatavaa kuvamateriaalia, jonka avulla asentaja näkisi miltä vikapaikka näyttää. Mobiilisovelluksessa voitaisiin esittää myös muta asentajille hyödyllistä karttapohjaista tietoa, kuten matkapuhelinverkon katvealueet ja tieverkon häiriöt. Katvealueiden syntyessä tilannekuvan avulla löydettäisiin lähin kuuluvuusalue ja tieverkon häiriötietojen kautta asentajat pystyvät välttämään myrskytuhojen tukkimia teitä. Kartalla voisi olla tietoa myös materiaalivarastojen tai varavoimakoneiden sijainneista, mikä helpottaa maastohenkilökunnan toimintaa erityisesti vierailualueilla.

6.1.2.5 Vikailmoitusten käsittely

Asiakkaita tulisi kannustaa tekemään vikapaikkailmoituksia yhä enemmän kuvan ja koordinaatit sisältävän Elenia mukana -palvelun (tai muun vastaavan palvelun) kautta. Vikapaikkojen lisäämistä kartalle voitaisiin tällöin helpottaa kehittämällä ilmoitusten tarkasteluun käytettävää käyttöliittymää. Mikäli ilmoituksen kuva sisältää todellisen vikapaikan, sille voitaisiin määrittää tyyppi ja hyväksyä se, jolloin vikapaikka siirtyisi suoraan käytöntukijärjestelmään kuvan koordinaatteja vastaavaan sijaintiin ja linkittyisi alueella olevaan keskeytykseen tai vikailmoitukseen. Mikäli vika ei ole ennestään tiedossa, pystyisi käyttöliittymästä suoraan tekemään vikailmoituksen käytöntukijärjestelmään. Tällöin vikailmoitusten käsittely yksinkertaistuisi ja nopeutuisi ja niitä pystyittäisiin hyödyntämään enemmän tilannekuvassa.

6.1.2.6 Operointialueiden jakaminen

Käytöntukijärjestelmässä tulisi olla työkalu vianhoitajien operointialueiden jakamiseen, jotta heidän työmääräänsä pystyittäisiin seuraamaan reaaliajassa ja tasaamaan tarvittaessa. Operointialueet koostuvat tyypillisesti urakointialueista. Alueiden jakamiseen tarvitaan tieto kunkin urakointialueen ja operointialueen keskeytysmäärästä. Operointialueiden tulisi olla mahdollisimman yhtenäisiä, eli koostua pääasiassa vierekkäisistä urakointialueista. Tällöin karttapohjainen työkalu olisi tehokkain alueiden jakamiseen. Käytöntukijärjestelmä pystyisi myös laskennallisesti määrittämään optimaalisen aluejaon, jota koordinaattori voisi hyödyntää alueita jakaessaan.

6.1.2.7 Operatiivinen viestintä

Sisäisen ja ulkoisen tilannekuvan hallinnassa voidaan myös hyödyntää operatiivista viestintää. Tällöin valituille henkilöille lähetetään esimerkiksi sähköposti tai tekstiviesti, kun jokin ennalta määritetty ehto täyttyy. Ehtona voisi olla esimerkiksi tietty määrä sähköttömiä asiakkaita. Operatiivista viestintää voitaisiin käyttää pelastuslaitoksen ja kunnan tai verkkoyhtiön johdon viestinnässä. Se varmentaisi, että häiriötilanteesta saadaan tieto ja siihen reagoidaan jo heti alkuvaiheessa. Operatiivisesta viestinnästä olisi

erityisesti hyötyä yllättävissä häiriötilanteissa, joita ei ole pystytty ennakoimaan esimerkiksi sääennusteen perusteella.

6.1.3 Tilannekuvan hallinnan tulevaisuudennäkymiä

Häiriötilanteen tilannekuvan hallinnalla on tulevaisuudessa mahdollisuus kehittyä erityisesti maastosta saatavan tiedon osalta. Tulevaisuuden ratkaisuja voivat olla satelliittikuvan tai miehittämättömien ilma-alusten käyttö tilannetiedon keräämisessä.

Satelliittikuva voisi olla tulevaisuuden ratkaisu vikapaikkojen havaitsemiseen maastosta. Ilmakuvan kautta saataisiin nopea tilannekuva häiriön painopistealueista, joissa myrsky on tuhonnut paljon ilmajohtoverkkoa ja jonne tarvitaan paljon työryhmiä. Mikäli kuva on riittävän tarkka, voitaisiin myös havaita yksittäisiä vikapaikkoja, kuten johdolle kaatuneita puita. Tällä hetkellä kaupallisten satelliittikuvien toimitusaika on kuitenkin käytännössä liian pitkä häiriötilanteiden tarpeeseen nähden. Lisäksi pilvisuus voi aiheuttaa katvealueita satelliittikuvaan. Satelliittikuvien kilpailukykyä, toimitusaikaa, tarkkuutta ja kuvauspalvelujen saatavuutta tulisikin parantaa huomattavasti, jotta niitä voitaisiin laajemmin hyödyntää verkkoyhtiöissä (Reneco 2014).

Toinen tulevaisuuden ratkaisu voisivat olla miehittämättömät ilma-alukset, jotka ovat kehittyneet paljon viimeisen kymmenen vuoden aikana. Pienikokoiset kameroilla varustetut robotit pystyvät lentämään ohjelmoituja reittejä itsenäisesti. Miehittämättömien ilma-alusten etuna on huomattavasti edullisempi hinta kuin miehitetyillä helikopteritarkastuksilla. Tällä hetkellä Suomessa on kuitenkin vielä lainsäädännöllisiä esteitä miehittämättömien ilma-alusten käytölle häiriöiden aikana. Miehittämättömiä ilma-aluksia saa lennättää valvomattomassa ilmatilassa, eli alle 150 metrin korkeudessa, ilman lupia tai ilmoituksia vain siten, että kone säilyy lennättäjän näköetäisyydellä. Näköetäisyyden ulkopuolella koneiden lennättäminen sen sijaan edellyttää ilmatilan varoamista eli sulkemista muulta ilmailulta, mikä on hankala ja aikaavievä prosessi. Valvotussa ilmatilassa, eli yli 150 metrin korkeudella, lentäminen edellyttää ilmatilan varoamisen lisäksi kirjallisen lentosuunnitelman laatimista. Ilmailulainsäädäntöön ollaan kuitenkin suunnittelemassa muutoksia, joiden tarkoituksena olisi helpottaa miehittämättömien ilma-alusten hyödyntämistä vaativissa sovelluksissa, kuten sähköverkon tarkastamisessa häiriötilanteissa. (Reneco 2014)

6.2 Ulkoisen tilannekuvan hallinnan määrittely

Tässä luvussa on määritelty ulkoisen tilannekuvan hallinnan tavoitetaso huomioiden eri sidosryhmien tarpeet. Pelastuslaitoksille ja kriittisille asiakkaille on määritetty käyttäjäkohtaiset tilannekuvat, jotka kokoavat samalle karttapohjalle käyttäjän kannalta olennaisen sähkökatkotiedon, mikä helpottaa tilannetietoisuuden muodostamista ja mahdollistaa sen ylläpitämisen ajantasaisena. Lisäksi tarvittavat toimenpiteet muiden sidosryhmien häiriönaikaisen tilannetietoisuuden parantamiseksi on esitetty.

6.2.1 Ulkoinen tilannekuva pelastuslaitokselle ja kriittisille asiakkaille

Pelastuslaitoksen sekä kunnan, teleoperaattoreiden ja muiden kriittisten asiakkaiden tarve tilannekuvalla on pääpiirteittäin sama. Sidosryhmille välitettävä tilannekuva kannattaakin pohjata verkkoyhtiön alueelliseen tilannekuvaan, jota suodattamalla saadaan eri sidosryhmille heidän tarpeidensa mukaiset tilannekuvat. Käyttäjakohtaisen tiedon tarjoaminen vaatii käyttäjän tunnistautumista palveluun.

Ulkoisessa tilannekuvassa eri sidosryhmille on tärkeää korostaa suuresta tietomassasta juuri heidän toimintaansa vaikuttava tieto. Kriittisten asiakkaiden (mukaan lukien kunnat ja teleoperaattorit) osalta tämä tarkoittaa kunkin kriittisen asiakkaan omien käyttöpaikkojen sähkökatkokatkotietoja. Pelastuslaitoksen kannalta kiinnostavia käyttöpaikkoja ovat puolestaan heidän toimialueellaan kriittisiksi luokitellut käyttöpaikat. Sidosryhmien tarvitsema käyttöpaikkakohtainen tieto pitää sisällään käyttöpaikan visualisoinnin kartalla sekä käyttöpaikkaa koskevan keskeytyksen tiedot. Keskeytyksestä tulee esittää alkuaika, käyttöpaikkakohtainen arvioitu päättymisaika, katkon syy ja viankorjauksen etenemisen tila.

Viankorjauksen etenemisen tila tukee korjausaika-arviota. Viankorjauksen etenemistä voidaan kuvata tiloilla: odottaa rajaamista, odottaa työryhmää, työryhmä lähetetty ja vika paikannettu. Rajaamattomien keskeytysten osalta tiedetään, että osalle asiakkaista sähköt voivat palautua hyvin nopeasti kaukokäytöllä tehtävän vianrajauksen myötä. Vian odottaessa työryhmää korjausaika-arvio ei ole vielä kovin tarkka eikä viankorjausta ole vielä aloitettu maastossa, joten katko voi kestää vielä useita tunteja. Kun taas työryhmä on lähetetty, on vikapaikan rajaaminen maastossa aloitettu ja viankorjaus etenee. Vian paikannuksen myötä sen tyyppi on selvillä ja aika-arvio on tarkentunut. Tila on määritettävä kullekin vikapaikalle erikseen. Mitä enemmän automatisointia tilojen määrittämiseen saadaan käytöntukijärjestelmän kautta, sitä luotettavampaa tieto on.

Kriittisillä asiakkailla on tarve käyttöpaikkakohtaiselle tiedolle ainoastaan omien käyttöpaikkojensa osalta. Muiden käyttöpaikkojen osalta häiriökartallakin esitetty muuntamotasoinen tieto on riittävää. Pelastuslaitokselle ja kunnalle puolestaan kaikki sähkökatkotieto tulee olla käyttöpaikkakohtaista, sillä heidän toimintansa häiriötilanteissa voi edellyttää esimerkiksi vanhusten tai kotihoitopotilaiden tarkan sähkökatkotiedon saamista.

Pelastuslaitoksille ja useita käyttöpaikkoja omistaville kriittisille asiakkaille, kuten kunnalle ja teleoperaattorille, on tärkeää hahmottaa häiriön kokonaistilanne ja pahimmat vikapaikat. Mitä enemmän käyttöpaikkoja sidosryhmän toimintaan liittyy, sitä tärkeämpi kokonaiskuva on. Kokonaiskuvan hahmottamiseen ei tarvita yksittäisiä sähkökatkotietoja vaan esimerkiksi maantieteellisten alueiden korostamista eri väreillä. Esimerkiksi korjausaika-arvioiden mukaisesti väritetyt katkoalueet antaisivat hyvän kuvan siitä, millä alueilla viankorjaus tulee kestäväksi kauimmin ja mitkä omista käyttöpaikoista sijaitsevat näillä alueilla. Sähkökatkojen keston perusteella väritetyt alueet antaisivat puolestaan tietoa alueista, joissa sähkökatkot ovat kestäneet pitkään, mistä voi olla hyötyä esimerkiksi kunnille vanhusten ja kotihoitopotilaiden tarkastamisessa.

Ulkoiseen tilannekuvaan tulisi saada karttapohjaisen tiedon lisäksi myös listamuodossa esitettyä tietoa käyttäjälle kriittisistä käyttöpaikoista, niiden reaaliaikaisesta keskeytysajasta ja korjausaika-arvioista. Tämä tukisi erityisesti sellaisten sidosryhmien tilannekuvaa, joilla on todella paljon oman toimintansa kannalta kriittisiä käyttöpaikkoja. Listan avulla käyttäjä näkisi heti, millä käyttöpaikoilla keskeytysten arvioidaan kestävän pisimpään. Käyttäjä voisi lisäksi määrittää itse, miten tilannekuva korostaa käyttöpaikkoja listalta ja kartalta. Esimerkiksi teleoperaattori voisi korostaa tietyllä värillä käyttöpaikat, joiden sähkökatkojen arvioidaan kestävän yli 3 tuntia, eli joihin tarvitaan varavoimaa.

6.2.1.1 Pelastuslaitos

Pelastuslaitoksen työtehtävät sähköverkon häiriötilanteissa liittyvät usein keskeytyskriittisiin käyttöpaikkoihin. Pelastuslaitos tarvitsee siis oman päätöksentekonsa tueksi tietoa oman toimialueensa sähköttömien kriittisten asiakkaiden tilanteesta omien käyttöpaikkojensa sähkökatkotiedon lisäksi. Kuitenkaan kaikki sähköverkkoyhtiön kriittiset asiak-

kaat (kuten suuret teollisuusasiakkaat) eivät ole pelastuslaitoksen toiminnan kannalta kriittisiä ja toisaalta myös pelastuslaitoksella voi olla tiedossa sellaisia kriittisiä asiakkaita, joita verkkoyhtiöillä ei ole tiedossa. Mikäli pelastuslaitos haluaa verkkoyhtiöltä tietoa kriittisistä asiakkaista, tulisi pelastuslaitosten määritellä, minkä tyyppiset kriittiset asiakkaat heitä kiinnostavat.

Pelastuslaitoksen toiminnan kannalta kriittisten asiakkaiden tietojen ylläpito on kuitenkin pelastuslaitoksen tehtävä. Järjestelmäkehityksessä tulisikin tähdätä siihen, että pelastuslaitos kokoaisi oman tilannekuvansa, jossa se voisi hyödyntää verkkoyhtiöiden toimittamia sähkökatkotietoja ja yhdistää ne ylläpitämiinsä kriittisten asiakkaiden tietoihin.

Yksittäisten sähkökatkotietojen lisäksi sähköverkon kytkentätilanne tukee pelastuslaitoksen tilannekuvaa. Kytkentätilanne tulisi esittää samassa tilannekuvassa kuin muukin verkkoyhtiöltä tuleva tilannetieto, eikä erillisessä käytöntukijärjestelmän web-sovelluksessa. Tällöin kytkentätilanteesta saatu hyöty on suurin. Kytkentätilanteen visualisointia voidaan myös yksinkertaistaa, sillä pelastuslaitokselle riittää vain erottaa jännitteettömänä oleva johto jännitteisestä johdosta.

6.2.1.2 Rajapinnat

Pelastuslaitokselle, teleoperaattoreille, vesihuolto-yhtiöille ja muille sellaisille asiakkaille, jotka tarvitsevat operatiivista tilannekuvaa omaan toimintaansa, sähkökatkotietojen integroiminen omaan tilannekuvaan olisi optimaalisin vaihtoehto. Toisaalta taas useimmilla kriittisillä asiakkailla ei ole omaa tilannekuvaa tuottavaa järjestelmää, vaan tiedon välittämiseen tarvitaan siihen tarkoitettu järjestelmä.

Verkkoyhtiöillä on uuden sähkömarkkinalain mukaan velvollisuus toimittaa sähkökatkotiedot pelastuslaitokselle. Pelastuslaitosten kannalta ei kuitenkaan ole mielekästä, jos kaikki alueen verkkoyhtiöt toimittavat heille erilliset tilannekuvat, jotka sisältävät erityyppistä tietoa. Ideaalinen tilanne olisi, että pelastuslaitos saisi kaikkien alueella toimivien verkkoyhtiöiden tiedot yhteen tilannekuvaan.

Tilannekuvan lisäksi tulisi sidosryhmille siis toteuttaa myös rajapinta, jonka kautta he pääsevät käsiksi sähkökatkotietoihin ja voivat hyödyntää niitä omissa tilannekuvissaan.

Häiriötilanteiden hallintaan yhteiskunnallisella tasolla tarvitaan tilannekuvia, jotka kokoavat yhteen eri sidosryhmien tilannetiedon. Useiden eri sidosryhmien välinen tilannekuva edellyttää paljon rajapintoja. Tilannekuvan kokoamista helpottaisi rajapintojen standardisointi, jolloin saman rajapinnan kautta saataisiin esimerkiksi kaikkien Suomen verkkoyhtiöiden sähkökatkotiedot. Rajapintojen kehittämistä tulisi tehdä yhteistyössä järjestelmätoimittajien sekä yhteisten tilannekuvien muodostamiseen ja ylläpitoon osallistuvien osapuolten kanssa.

Yhdysvalloissa verkkoyhtiöt ovat järjestelmätoimittajien tuella kehittämässä avointa standardia sähkökatkotietojen jakamiseen. Tiedot on tarkoitus julkaista jäsenneltyinä datana helppokäyttöisessä ja yhtenäisessä muodossa, jolloin tietoa voidaan hyödyntää laajamittaisemmin erityisesti luonnononnettomuuksissa ja kriisitilanteissa. Avoin standardi hyödyttäisi niin asiakkaita kuin häiriötilanteen hallintaan yhteiskunnassa osallistuvia viranomaisia ja julkisia toimijoitakin. (The White House 2014)

6.2.2 Fingrid

Kantaverkon häiriöt ovat todella laajoja ja lamauttavat yhteiskunnan toiminnan hyvin nopeasti. Tämän takia on tärkeää, että kantaverkkoyhtiön ja jakeluverkkoyhtiöiden välinen tiedonvaihto on sujuvaa. Jakeluverkkoyhtiöiden tulisi toteuttaa rajapinta, jonka kautta Fingridille välitetään alueverkkojen kytkinlaitteiden reaaliaikaiset tilatiedot en-

simmäisiin katkaisijoihin ja maakytkimiin asti verkkojen liityntäpisteistä. Lisäksi on huolehdittava, että kanta- ja jakeluverkkoyhtiöiden väliset yhteydet ovat toimivia ja varmistettuja. Jakeluverkkoyhtiöiden on priorisoitava Fingridin puheluita omissa valvomoissaan joko puhelinjärjestelmän tai muiden järjestelyjen kautta, jotta yhteys saadaan muodostettua nopeasti myös suurhäiriötilanteissa.

6.2.3 Hätäkeskus

Mikäli verkkoyhtiöiden asiakaspalvelun tai häiriöviestinnän toimivuudessa on ongelmia häiriötilanteissa, vaikuttaa se merkittävästi hätänumeroon tulevien puheluiden määrään. Tämän takia on tärkeää, että verkkoyhtiöiden asiakkaille on aina saatavilla ajantasaista sähkökatkotietoa. Mikäli asiakkaille annettavat arviot sähkökatkojen kestoista ehtivät vanhentua tai niitä ei ole, tukkiutuvat verkkoyhtiön puhelinpalvelut nopeasti, jolloin tietoa haetaan hätänumerosta. Käytöntukijärjestelmään tarvittaisiinkin työkalu, joka avulla tiedotusta pystyttäisiin hallitsemaan ja varmistumaan siitä, että annetut arviot eivät pääse vanhenemaan. Tähän auttaa myös aiemmin mainittu käytöntukijärjestelmän automatisoitu korjausaika-arvioiden määrittäminen.

6.2.4 Muut sidosryhmät

Muille sidosryhmille, kuten tavallisille asiakkaille ja medialle, häiriökartta antaa riittävästi tietoa. Häiriökarttaa voidaan kuitenkin kehittää visualisoimaan pahimpia vika-alueita esimerkiksi kuntatasolla. Median osalta nykyinen toimintamalli on osoittautunut hyväksi. Medialle varattu oma puhelinyhteys ja säännöllisesti lähetettävät mediatiedotteet tukevat hyvin häiriökartan tarjoamaa tietoa.

7 KEHITYSSUUNNITELMA

Tässä luvussa esitetään lyhyen ja pitkän aikavälin kehityssuunnitelma sähköjakeluverkon häiriötilanteiden tilannekuvan hallinnan kehittämiseksi luvussa 6 kuvatulle tavoite- tasolle. Luvun 7.1 kehityssuunnitelmassa esitetään lyhyen aikavälin kehitysaskleet tavoitteiden saavuttamiseksi ja luvun 7.2 kehityssuunnitelmassa kuvataan pitkän aikavälin tavoitteiden saavuttaminen. Diplomityössä ei kuitenkaan ole tutkittu kovin tarkasti kehityksen vaatimaa teknistä toteutusta, joten on mahdollista, että osa esitetyistä lyhyen aikavälin kehityskohteista osoittautuu niin vaativiksi, että toteutus vaatiikin pidemmän aikavälin järjestelmäkehitystä.

7.1 Lyhyen aikavälin kehityssuunnitelma

Lyhyen aikavälin kehityssuunnitelma kattaa 1-3 vuotta. Esitettyjen toimenpiteiden toteuttamiseen kuluva aika riippuu kuitenkin sekä verkkoyhtiön että järjestelmätoimittajien käytettävissä olevista resursseista. Kehityskohteet on kuvattu toteutuksen kannalta loogisessa järjestyksessä. Ensimmäisenä kannattavaa on tehdä ne toimenpiteet, jotka pystytään toteuttamaan nopeasti, joista on eniten hyötyä tai joita lainsäädäntö edellyttää. Tällaisia toimenpiteitä ovat KAH-kustannusten ja laatuvaatimusten käyttö vikojen priorisoinnissa, viankorjausresurssien visualisointi ja määrän seuranta käytöntukijärjestelmässä, Elenia mukana –palvelun käyttöönotto urakoitsijoilla ja tarvittavien kytkinlaitteiden tilatietojen toimittaminen Fingridille sekä puhelinyhteyden varmentaminen.

Vikojen priorisoinnin kehittäminen on olennaisessa asemassa häiriöstä aiheutuneiden haittojen minimoinnin kannalta. Kuten luvussa 6.1.2.2 todettiin, keskeytysten KAH-kustannuksia priorisoimalla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä nykytilanteeseen verrattuna. Ensimmäiseksi priorisointia kannattaakin kehittää siten, että keskeytykset saadaan luotettavasti ja reaaliaikaisesti priorisoitua käytöntukijärjestelmässä KAH-kustannusten perusteella.

KAH-kustannusten ohella tulee kehittää kriittisten asiakkaiden priorisointia. Sähköttömien kriittisten asiakkaiden visualisointi tulee saada reaaliaikaiseksi, jotta kriittisten asiakkaiden huomioiminen priorisoinnissa helpottuu. Lisäksi käytöntukijärjestelmän tulee määrittää keskeytykselle keskeytyskriittisyyttä kuvaava arvo, joka huomioi keskeytyksen kaikki sähköttömät kriittiset asiakkaat ja heidän kriittisyysluokkansa. Tällöin keskeytysten keskinäinen priorisointi kriittisten asiakkaiden suhteen on mahdollista.

Uuden sähkömarkkinalain laatuvaatimusten tulee täytyä vuoden 2028 loppuun mennessä, ja tämä on kannattavaa huomioida käytöntukijärjestelmän kehittämisessä jo alusta alkaen. Laatuvaatimusten huomioiminen priorisoinnissa edellyttää, että jokaisella käyttöpaikalla on tieto siitä, kuuluko se asemakaava-alueelle vai ei. Lisäksi poikkeuksen aiheuttavat saarikohteet ja sähkönkulutukseltaan hyvin pienet käyttöpaikat on huomioitava erikseen. Laatuvaatimustietoa on pystyttävä tarkastelemaan myös ylemmällä tasolla, kuten muuntopiirin, erotinvälin tai keskeytyksen tasolla, jotta sitä voidaan hyödyntää keskeytysten ja erotinvälien priorisoinnissa. Tällöin laatuvaatimus määräytyy tarkasteltavan alueen piirissä olevien käyttöpaikkojen tiukimman vaatimuksen mukaan. Priorisoinnissa voi kuitenkin olla kannattavampaa huomioida esimerkiksi keskeytyksen pii-

rissä olevien vaatimusten keskiarvo, jolloin yksittäisen käyttöpaikan painoarvo ei ole niin suuri. Laatuvaatimusten ohella voidaan määritellä myös verkkoyhtiön omat tavoitteet keskeytysajoille, joita voidaan vastaavasti hyödyntää vikojen priorisoinnissa. Laatuvaatimusten tulisi vaikuttaa prioriteettiin sitä enemmän, mitä lähempänä vaatimuksen aikarajaa ollaan.

Sähköturvallisuusriskin aiheuttavat keskeytykset tulisi huomioida priorisoinnissa tehokkaammin, jotta vaaratilanteilta vältytään ja jotta pelastuslaitoksen ja verkkoyhtiön yhteistyö tällaisissa vikatilanteissa olisi sujuvampaa. Keskeytykselle tai vikailmoitukselle lisätty vikapaikka voitaisiin esimerkiksi merkitä turvallisuutta uhkaavaksi, jolloin se visualisoidaisiin eritavoin kartalle ja keskeytyksen prioriteetti nousisi. Tällöin esimerkiksi pelastuslaitokselta saadut ilmoitukset vaarallisista vikapaikoista huomioitaisiin heti priorisoinnissa.

Myös vakiokorvaukset on kannattavaa huomioida priorisoinnissa, jotta operatiiviset kustannukset saadaan minimoitua. Tämä edellyttää sitä, että käytöntukijärjestelmää kehitetään laskemaan vakiokorvauksia jo häiriön aikana. Vakiokorvauksia voidaan hyödyntää vikojen priorisoinnissa laskemalla keskeytyksestä aiheutuvia vakiokorvauksia ajan suhteen. Vakiokorvaukset tulee kuitenkin priorisoinnissa suhteuttaa KAH-kustannuksiin, jotta kokonaiskustannukset saadaan minimoitua.

Kun priorisoinnin lähtötiedot ovat kunnossa, tulisi käytöntukijärjestelmää seuravaksi kehittää siten, että se muodostaa reaaliaikaisen viankorjausjärjestyksen näiden tietojen pohjalta. Viankorjausjärjestys voidaan muodostaa myös valituille urakointialueille. Keskeytyksen prioriteetin suuruus tulee myös visualisoida käytöntukijärjestelmän karttapohjalla, jotta vikojen prioriteettijärjestys käy ilmi vain karttaa katsomalla. Viankorjausta pyritään tekemään prioriteettijärjestyksen mukaisesti, kuitenkin huomioiden työryhmien sijainnit. Kehityksen myötä myös pienjänniteverkon vikoja pystytään priorisoimaan tehokkaasti.

Resurssien hallinnan osalta ensimmäisenä olisi tärkeintä visualisoida työryhmät käytöntukijärjestelmässä samalla ylläpitäen tietoa asentajien määrästä. Asentajien määrää tulee pystyä seuraamaan koko verkkoalueen, urakointialueiden, kuntien, maakuntien ja operointialueiden tasolla. Resurssitietojen ylläpito tulisi keskittää käytöntukijärjestelmään resurssien hallinnan selkeyttämiseksi ja helpottamiseksi. Tämä edellyttää Elenian tapauksessa käytöntukijärjestelmä ja ryhmäpuhelinjärjestelmän välistä rajapintaa. Rajapinta mahdollistaa ylläpidettyjen asentajatietojen linkittämisen suoraan keskeytyksiin ja poistaa manuaalisten kirjausten virheriskin. Asentajien sijaintitieto tulee lisäksi tarkentaa keskeytyksen tarkkuudelta kytkinlaitteen tarkkuudelle, jolloin tarkempaa sijaintitietoa ei tarvitse enää ylläpitää käytönvalvontajärjestelmässä.

Lisäksi häiriöviestinnän hallintaa kehitettäisiin luvun 6.2.4 mukaisesti, jolloin pystytään paremmin huolehtimaan, etteivät arviot pääse vanhenemaan. Alkuvaiheessa avioiden määrittämisessä voidaan hyödyntää yleiskuvan tarjoamaa tietoa urakointialueen resurssitilanteesta sekä käytöntukijärjestelmän muodostamaa viankorjausjärjestystä.

Yleiskuvan kehittäminen kannattaa aloittaa jo lyhyellä aikavälillä, sillä se on olennaisessa asemassa häiriötilanteen johtamisessa. Yleiskuvan tärkeimpiä tietoja on resurssitarpeen seuraaminen urakointialueittain. Tähän tarvitaan keskeytysten ja asentajien määrä urakointialueittain, jotka saadaan suoraan käytöntukijärjestelmän tietokannasta, kunhan resurssien hallintaa on kehitetty edellä mainitulla tavalla. Yksinkertaisimmillaan toteutus onnistuu siis tietokantatyökalulla. Resurssitarpeen lisäksi tärkeää on esittää yleiskuvassa pahimmat vika-alueet, joita voidaan ensin määrittää urakointialueen tarkkuudella esimerkiksi vikapaikkojen määrän tai suurimman resurssitarpeen avulla.

Samanaikaisesti kannattaa kehittää myös nykyisin manuaalisesti tehtävien tilannereporttien automatisointia. Lähes reaaliaikaisten graafien piirtäminen tietokannasta saata-

van tiedon pohjalta voidaan suhteellisen yksinkertaisesti toteuttaa pienellä ohjelmistolla. Tällöin tilanneraporttien kasaaminen ei vaadi manuaalista työtä ja vapauttaa siihen käytetyt resurssit analysoimaan häiriön tietoja tarkemmin ja muodostamaan ennustetta. Käytäntöjärjestelmän kehitys KAH-kustannusten ja vakiokorvausten priorisoinnin osalta mahdollistaa niiden reaaliaikaisen laskennan myös tilanneraporttien tarpeeseen. Samoin viankorjauskustannuksia voidaan määrittää osittain automaattisesti, kun resursimäärän seuranta on käytöntukijärjestelmässä ja se on luotettavampi.

Alueurakoitsijoiden tilannekuvan osalta olisi lyhyellä aikavälillä kannattavaa aloittaa mobiilisovelluksen kehitys, sillä siitä saatava hyöty parantaa tilannekuvan laatua monilta osin. Sovellus voi ensimmäisessä vaiheessa toimia ainoastaan urakoitsijan tilannekuvana tarjoten verkkotiedot, reaaliaikaisen kytkentätilanteen ja vikapaikkatiedot. Ennen kuin sovellusta saadaan kehitettyä siihen asti, että sen kautta voidaan kerätä tietoa maastosta, voitaisiin Elenia mukana – mobiilipalvelun vikailmoitustoiminto ottaa käyttöön asiakkaiden lisäksi myös urakoitsijoilla. Tällöin urakoitsijat pystyisivät helpommin jakamaan vikapaikkatietoa maastosta. Myös asiakkaita tulisi ohjata käyttämään yhä enemmän Elenia mukana –palvelua vikailmoitusten tekoon ja palvelun kautta tullut tieto pitäisi saada tehokkaammin käytöntukijärjestelmään, kuten luvussa 6.1.2.7 on kuvattu.

Lyhyellä aikavälillä on mahdollista kehittää melko nopeasti vikapaikkatietojen käsittelyä käytöntukijärjestelmässä. Vikapaikka tulee pystyä lisäämään keskeytyksen lisäksi myös vikailmoitukseen ja kaikkia vikapaikkoja tulee pystyä tarkastelemaan yhtäaikaaisesti. Vikapaikkojen määrää tulee pystyä seuraamaan myös urakointialueittain. Tällaisen kehityksen myötä todellista viankorjauksen työmäärää pystyttäisiin seuraamaan tilannekuvassa tehokkaammin, sillä vikapaikkamäärä kuvaa työmäärää paremmin kuin keskeytysten määrä. Mikäli keskeytykselle ei ole merkitty yhtään vikapaikkaa, voisi määrä oletuksena olla 1.

Sidosryhmien tilannekuvan kehittäminen voidaan aloittaa siten, että tilannekuva sisältää vain käyttäjän toiminnan kannalta olennaiset sähköttömät käyttöpaikat ja niitä koskevien sähkökatkojen tiedot visualisoituna karttapohjalle. Kun resurssien hallintaa saadaan kehitettyä, voidaan käytöntukijärjestelmässä ja siten myös sidosryhmien tilannekuvassa esittää tietoa viankorjauksen etenemisen tilasta. Pelastuslaitosten tilannekuvaan lisätään myös kytkentätilannetieto, jotta irrallisesta käytöntukijärjestelmän näymästä päästään eroon. Kokonaiskuvan parantamiseksi tilannekuvassa voidaan visualisoida pahimpia vika-alueita vastaavasti kuin yleiskuvassa. Alueellinen tilannekuva on verkkoyhtiön versio sidosryhmien tilannekuvasta sisältäen kaiken sidosryhmille välitettävän tiedon.

Sisäisen ja ulkoisen tilannekuvan hallinnassa voidaan myös hyödyntää pienillä toimenpiteillä toteutettavaa käytöntukijärjestelmän operatiivista viestintää, jota on kuvattu luvussa 6.1.2.8.

Operointialueiden jakamiseen tarvitaan käytöntukijärjestelmältä reaaliaikaista tietoa. Lyhyellä aikavälillä riittävää olisi saada reaaliaikaista tietoa taulukkomuodossa käytönvalvojien vikamääristä ja urakointialueiden vikamääristä, jonka jälkeen koordinaattori voi määrittää sopivan aluejaon.

7.2 Pitkän aikavälin kehityssuunnitelma

Pitkän aikavälin kehityssuunnitelma jatkuu siitä mihin lyhyen aikavälin suunnitelma päättyi, eli kattaa ajan kolmesta vuodesta eteenpäin. Päämääränä on päästä luvussa kuusi määritetylle tilannekuvan hallinnan tavoitetasolle.

Pidemmällä aikavälillä tavoitetilana on, että eri priorisointitekijöiden painoarvoa pystyttäisiin dynaamisesti muuttamaan häiriötilanteen edetessä. Kun käytöntukijärjestelmä pystyy määrittämään viankorjausjärjestyksen, tulee sama pystyä visualisoimaan myös karttapohjalla graafisessa muodossa. Visualisointia tulisi kehittää siten, että käytönvalvoja pystyisi nopeasti muodostamaan kuvan siitä, missä korkeimman prioriteetin viat ovat.

Vikojen välisen priorisoinnin ollessa toimiva, tulee priorisointi laajentaa kattamaan myös erotinvälit, jolloin keskeytyksen viankorjaus pystytään aloittamaan eniten haittaa aiheuttavalta erotinväliltä. Erityisesti KAH-kustannusten mallintaminen erotinväleittäin tehostaisi priorisointia huomattavasti. Erotinvälien priorisoinnissa olennaisinta on prioriteettien visualisointi, jolloin keskeytyksen sisäinen optimaalisin viankorjausjärjestys hahmottuu parhaiten.

Viankorjausjärjestyksen lisäksi poikkeuksellisen kriittisistä keskeytyksistä aiheutuisi käytöntukijärjestelmään hälytys.

Korjausaika-arvio tarkennetaan erotinvälikohtaiseksi ja arviot pyritään määrittämään mahdollisimman automatisoidusti, kuten luvussa 6.1.3.2 on esitetty. Automatisoinnin vaatimat lähtötiedot ovat tässä vaiheessa jo käytöntukijärjestelmässä. Tiedon tarkentuminen erotinvälille on luontevaa kehittää samanaikaisesti, kun priorisointia viedään myös erotinvälitasolle. Tarkennetut arviot kysytään edelleen maastosta asentajilta, kunnes käytöntukijärjestelmän mobiilisovellusta kehitetään niin pitkälle, että arviot voidaan asettaa suoraan sen kautta asentajien toimesta.

Pidemmällä aikavälillä käytöntukijärjestelmän mobiilisovellusta tulisi kehittää siten, että sen kautta pystytään myös lisäämään tietoa käytöntukijärjestelmään suoraan maastosta. Korjausaika-arvioiden päivittäminen ja vikatietojen lisääminen ovat olennaisimpia toiminnallisuuksia. Sovelluksen käyttö vähentäisi puhelinkeskusteluja ja niiden aiheuttamia pullonkauloja viankorjausprosessissa. Sovellukseen tuottamaa tilannekuvaa voidaan lisäksi kehittää lisäämällä siihen lentotarkastuskuvia, materiaalivarastojen sijaintitietoja, tieverkon häiriötietoja sekä matkapuhelinverkon häiriötietoja.

Tilannekuvajärjestelmä kehitetään yhtenäiseksi järjestelmäkokonaisuudeksi, jota voidaan käyttää yhdellä käyttöliittymällä. Tällöin käytettävyys paranee ja järjestelmän kautta pystytään analysoimaan ja visualisoimaan tietoa monipuolisemmin kuin yksinkertaisilla tietokantatyökaluilla. Ennustetta kehitetään enemmän järjestelmäpohjaiseksi, kun tarkkaa ja analysoitua tietoa korjausaika-arvioista, viankorjausjärjestyksestä ja resursseista on saatavilla.

Korjausaika-arvioiden tarkentuminen ja automatisointi parantaa sidosryhmien tilannekuvaa huomattavasti. Sähkökatkotiedot ovat tarkempia ja pahimpia vika-alueita pystytään visualisoimaan korjausaika-arvioiden muodostamina vyöhykkeinä karttapohjalla. Vastaavaa visualisointia voidaan hyödyntää myös häiriökartassa. Sidosryhmille kehitetään rajapinta, jonka kautta he voivat hyödyntää tietoja omissa järjestelmissään.

Pitkällä aikavälillä käytöntukijärjestelmää kehitetään siten, että sen karttapohjalle pystytään lisäämään kerroksina ulkoista paikkatietoihin pohjautuvaa dataa, esimerkiksi teleoperaattoreiden häiriötietoja. Lisäksi käytöntukijärjestelmän kautta voitaisiin tarkastella menneiden häiriötilanteiden etenemistä. Käyttökeskuksen tietojärjestelmät, käytönvalvontajärjestelmä, käytöntukijärjestelmä ja ryhmäpuhelinjärjestelmä, integroidaan lähemmäksi toisiaan, jolloin niitä voidaan käyttää pääasiassa vain käytöntukijärjestelmän käyttöliittymästä. Vianhoitajien operointialueiden jakaminen tulisi mahdollistaa suoraan käytöntukijärjestelmässä esimerkiksi karttapohjaisen työkalun avulla.

8 YHTEENVETO

Häiriötilanteet vaikuttavat sähköverkkoliiketoiminnan operatiivisiin kustannuksiin lainsäädännön kautta. Lisäksi verkkoyhtiön asiakkaille ja yhteiskunnan toiminnalle aiheutuu haittaa sähkökatkoista. Tilannekuvan hallintaa kehittämällä häiriötilanteiden vaikutukset saadaan minimoitua, häiriötilanteesta pystytään palautumaan nopeammin ja sidosryhmille pystytään toimittamaan heidän tarpeidensa mukaista tietoa.

Tässä diplomityössä kartoitettiin verkkoyhtiön ja sen sidosryhmien tarpeet sähköjalkuverkon häiriötilanteiden tilannekuvan hallinnan kehitykselle, joiden pohjalta määritettiin tilannekuvan hallinnan tavoitela sekä kehityssuunnitelma sen saavuttamiseksi.

Työn tuloksissa korostuu tietojärjestelmien rooli tilannekuvan muodostamisessa, jotta päätöksentekoon saadaan häiriötilanteiden dynaamisuuden edellyttämää reaaliaikaista tietoa. Lisäksi tilannetiedon visualisoinnin merkitys on suuri tilanteen kokonaisvaltaisen hahmottamisen kannalta. Visualisoinnissa tulisi nykyistä selkeämmin korostaa asioiden keskinäistä tärkeysjärjestystä tietomassan ollessa suuri. Olemassa olevat tietojärjestelmät eivät yksin riitä muodostamaan kokonaisvaltaista tilannekuvaa, vaan niiden tueksi tarvitaan erillinen tilannekuvajärjestelmä, joka on määritelty tässä diplomityössä.

Häiriötilanteen johtamisen kannalta olennaiseksi osoittautui kokonaistilanteen hahmottaminen ja tarve ylemmän tason tiedolle. Vaikutusten minimoimisessa olennaisessa osassa puolestaan on vikojen priorisointi. Häiriötilanteen kestoon voidaan vaikuttaa resurssien hallintaa kehittämällä ja tilannetiedon tehokkaammalla keräämisellä maastosta. Hyvän asiakaspalvelun, yhteiskunnallisen vastuun ja lainsäädännön asettamien vaatimusten täyttämiseksi tulisi verkkoyhtiön tarjota sidosryhmilleen kunkin tarpeen mukaista sähkökatkotietoa järkevästi hyödynnettävässä muodossa.

Kehitystarpeiden kartoitus oli hyvin laaja, sisältäen yhteensä 34 haastattelua ja lisäksi osallistumista aihepiiriin liittyviin kehitysprojekteihin. Vastaavasta kartoituksesta ei ole saatavilla aiempia tutkimustuloksia ainakaan Suomessa. Tilannekuvan hyödyntämistä eri aloilla on tutkittu jo suhteellisen paljon kansainvälisesti ja Suomessakin, mutta ei juurikaan tässä työssä käytetystä näkökulmasta.

Elenia voi hyödyntää diplomityöntuloksia suoraan omassa järjestelmä- ja prosessikehityksessään, sillä työ pohjautuu Elenian toimintamalleihin ja Elenialla käytössä oleviin tietojärjestelmiin. Työssä esitettyjen ratkaisujen toteuttaminen on kuitenkin suuresti riippuvainen järjestelmätoimittajista.

Elenian lisäksi työn tuloksia voivat soveltaa myös muut verkkoyhtiöt ja järjestelmätoimittajat. Työn tuloksia voivat parhaiten hyödyntää muut maaseutuverkkoyhtiöt, joilla suurhäiriötilanteiden hallinta on haastavaa ja niitä esiintyy suhteellisen usein. Kuitenkin tilannekuvan hallintaa on kannattavaa kehittää pienempienkin häiriötilanteiden hallinnan parantamiseksi, sillä toiminnan optimoimisella pystytään saavuttamaan säästöjä ja minimoimaan asiakkaille ja yhteiskunnalle sähkökatkoista koituvaa haittaa. Työn tuloksia sovellettaessa verkkoyhtiöiden on huomioitava, että tilannekuvan hallinnan kehittämisen lähtötaso on tässä työssä Elenian tilannekuvan hallinnan nykytila, joka on Suomen mittapuulla parhaimmistoa. Lisäksi työssä on huomioitu ainoastaan Elenian käyttämät tietojärjestelmät ja viankorjausprosessi, jotka voivat rajoittaa tulosten hyödynnettävyyttä. Järjestelmätoimittajien kannalta diplomityön tulokset tarjoavat paljon hyödynnettävää tietoa sekä nykyisten että uusien järjestelmien kehittämiseen. Työn tuloksissa

voi lisäksi olla hyödyntämispotentialia myös muilla samantyyppisillä aloilla, kuten televerkkoyhtiöissä tai vesihuoltoliiketoiminnassa.

Diplomityön pohjalta nousseet avoimet kysymykset liittyvät lähinnä järjestelmäkehityksen tekniseen toteutukseen, jota ei juurikaan käsitelty työssä. Aihe on lisäksi hyvin laaja, joten sitä ei tässä työssä pystytty tutkimaan kaikilta osa-alueilta kovinkaan yksityiskohtaisella tasolla. Jatkotutkimuksen kannalta suuressa roolissa ovat miehittämättömät ilma-alukset ja satelliittikuvat, joita voitaisiin hyödyntää tilannetiedon keräämisessä.

Diplomityö on aiheeltaan ajankohtainen niin Suomessa kuin kansainvälisestikin. Haastattelujen pohjalta kävi selkeästi ilmi kunkin osapuolen tarpeet tilannekuvan hallinnan kehittämiseksi. Lisäksi tärkeimmät kehityskohteet nousivat selkeästi esille. Ratkaisuna esitetty tilannekuvan hallinnan määritelmä vastaa esille nousseisiin tarpeisiin.

LÄHTEET

Aro M., Elovaara J., Karttunen M., Nousiainen K. & Palva V. 2011. Suurjännitetekniikka. 3. Painos. Jyväskylä, Otatieto. 520 s.

Bayliss C. R. & Hardy B. J. 2007. Transmission and distribution electrical engineering. 3. painos. Burlington, MA, Newnes. 1010 s.

Bravo Projects. 2014. Services. [WWW]. [Viitattu 5.12.2014]. Saatavissa: <http://www.bravoprojects.co.in/transmission.php>.

Caruna. 2014. Sähkökatkot kartalla. [WWW]. [Viitattu 20.8.2014]. Saatavissa: <http://www.hairiokartta.caruna.fi/>.

Chow M. & Taylor L. 1995. Analysis and Prevention of Animal-Caused Faults in Power Distribution Systems. IEEE Transactions on Power Delivery. Vol 10(2). s. 995–1001.

Elenia. 2014. Sähkökatkokartta. Saatavissa: <http://www.elenia.fi/sahko/sahkokatkotilanne>.

Elovaara J. & Haarla L. 2011. Sähköverkot I. Tallinna, Otatieto. 520 s.

Elovaara J. & Haarla L. 2011. Sähköverkot II. Tallinna, Otatieto. 550 s.

Endsley M. 1988. Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement. Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting. California, USA, Human Factors Society. s. 97–101.

Endsley M. 1995. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. Human Factors. Vol 37(1). California, USA, Human Factors and Ergonomics Society. s. 32–64.

Energiamarkkinavirasto. 2011. Kesän 2010 myrskyt sähköverkon kannalta. Verkko-dokumentti. 21 s. Saatavissa: http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Kes%C3%A4n+2010+myrsky+raportti_lopullinen+_2_.pdf/8b69b8d1-c89d-428c-a3c2-4e2ab5321ddf.

Energiateollisuus. 2010. Energiateollisuus ry:n suosittelemat verkkopalveluehdot. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/Verkkopalveluehdot_VPE2010.pdf.

Energiateollisuus. 2012. Loppuvuoden sähkökatkoista kärsi 570 000 asiakasta. [WWW]. [Viitattu 1.7.2014]. Päivitetty 19.1.2012. Saatavissa: <http://energia.fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/loppuvuoden-sahkokatkoista-karsi-570-000-asiakasta>.

Energiateollisuus. 2014. Loppuvuoden 2014 myrskyt lähes joulumyrskyjen 2011 luokkaa. [WWW]. [Viitattu 11.8.2014]. Päivitetty 28.1.2014. Saatavissa: <http://energia.fi/ajankohtaista/lehdist-tiedotteet/loppuvuoden-2013-myrskyt-1-hes-joulumyrskyjen-2011-luokkaa>.

Energiateollisuus. 2014. Keskeytystilasto 2013. Verkkodokumentti. 27 s. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto_2013.pdf.

Energiateollisuus. 2014. Sähkökatkot ja jakelun keskeytykset. [WWW]. [Viitattu 7.8.2014]. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkokatkot-ja-jakelun-keskeytykset>.

Energiavirasto. 2011. Sähkön jakeluverkkotoiminnan ja suurjännitteisen jakeluverkko-toiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden valvontamenetelmien suuntaviivat vuosille 2012–2015. Verkkodokumentti. 74 s. Saatavissa: http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Sahkonjakeluverkko_suurjannitteinen_jakeluverkko_suuntaviivat_2012_2015.pdf/e9de867e-513b-4ce5-84d2-322e1c585ba0.

Entergy. 2014. Outage map. [WWW]. [Viitattu 25.7.2014]. Saatavissa: <http://www.etrviewoutage.com/external/ar.aspx>.

Gaia Consulting Oy & Ilmatieteen laitos. 2013. Äärevien sää- ja avaruussääilmiöiden vaikutus kriittisiin infrastruktuureihin. Verkkodokumentti. 69 s. Saatavissa: <http://www.huoltovarmuus.fi/static/pdf/637.pdf>.

Gilson R. 1995. Special Issue Preface. Human Factors. Vol 37(1). California, USA, Human Factors and Ergonomics Society. s. 3–4.

Government of Canada. 2013. MASAS National Information Exchanges Pilot. Canadian Safety and Security Program. Verkkodokumentti. 2s. Saatavissa: http://www.masas-x.ca/images/docs/MASAS-X_Factsheet_EN.pdf.

Government of Canada. 2013. MASAS-X 101. Canadian Safety and Security Program. Verkkodokumentti. 24 s. Saatavissa: https://www.masas-x.ca/images/MASAS-X_101_Presentation.pdf.

Hairio.info. 2014. Etusivu. [WWW]. [Viitattu 4.12.2014]. Saatavissa: <http://hairio.info/>.

Heikkilä T. 2014. Sähköverkon toimitusvarmuuteen liittyvien valvontamenetelmien kehittäminen. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Sähkötekniikan koulutusohjelma. 63 s. Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Diplomity%C3%B6%20Tuukka+Heikkil%C3%A4%20Energiavirasto+FINAL.pdf/5f3b5842-ae34-4aff-af94-9ccd51401598>.

Helsingin Energia. 2014. Keskeytystilanne. [WWW]. [Viitattu 4.9.2014]. Saatavissa: <http://sahkokatkot.helen.fi/Outagemap/outagemap.html>.

Horelli I. 2012. Tapaninpäivän 26.12.2011 myrskytuhot Lounais-Suomessa. Lounais-Suomen aluehallintovirasto. Verkkodokumentti. 25 s. Saatavissa: <https://www.avi.fi/documents/10191/56990/Myrskyraportti+8.6.2012+LSAVI.pdf/5feb9ee3-426c-4806-99f7-220c2dd59955>.

Huoltovarmuuskeskus. 2014. Esitysmateriaali, VARMA-hankkeen käynnistämistilaisuus 20.8.2014. Hämeenlinna.

Huoltovarmuusorganisaatio, Vesihuoltopooli & Voimatalouspooli. 2013. Vesihuoltolaitoksen sähkösaannin varmistaminen. Verkkodokumentti. 16 s. Saatavissa: http://www.vvy.fi/files/3309/sahkonsaannin_varmistaminen_www.pdf.

Hätäkeskuslaitos. 2014. Hätäkeskuslaitos. [WWW]. [Viitattu 18.8.2014]. Saatavissa: <http://www.112.fi/hatakeskuslaitos/hatakeskuslaitos>.

Ilmatieteen laitos. 2010. Luonnononnettomuuksien varoitusjärjestelmää testattu puoli vuotta. [WWW]. [Viitattu 21.8.2014]. Päivitetty 11.10.2010. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/1286775322>.

Ilmatieteen laitos. 2012. Ilmastokatsaus joulukuu 2011. Verkkodokumentti. 24 s. Saatavissa: http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=97ca5799-70f4-4f79-8157-a2effb14a619&groupId=30106.

Ilmatieteen laitos. 2013. Seija-myrsky maa-alueilla Tapani-myrskyä heikompi. [WWW]. [Viitattu 6.8.2014]. Päivitetty: 11.12.2013. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/1261081>.

Ilmatieteen laitos. 2014. Rajuilmat. [WWW]. [Viitattu 6.8.2014]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/rajuilmat>.

Ilmatieteen laitos. 2014. Salama ja ukkonen. [WWW]. [Viitattu 6.8.2014]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/salama-ja-ukkonen>.

Ilmatieteen laitos. 2014. Suomen ukkosilmasto. [WWW]. [Viitattu 6.8.2014]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ukkosilmasto>.

Ilmatieteen laitos. 2014. Tuuli ja myrskyt. [WWW]. [Viitattu 6.8.2014]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/kysymyksia-tuuli-ja-myrskyt>.

Järventausta P., Partanen J. & Koponen P. 2010. INCA – Interaktiivinen asiakasliityntä ja sen hyödyntäminen sähköjärjestelmän hallinnassa ja energiatehokkuuteen kannustavissa palveluissa. Tampereen teknillinen yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto & VTT. 53 s.

Järvi P. 2012. Operaatiokeskukselle parempi virka-apuvalmius. Opinnäytetyö. Leppävaara. Laurea ammattikorkeakoulu, Turvallisuusosaamisen koulutusohjelma. 88 s. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45100/jarvi%20pekka.pdf?sequence=1>.

Järvi-Suomen Energia. 2014. Sähkönjakelun keskeytykset. [WWW]. [Viitattu 4.9.2014]. Saatavissa: <http://www.jseoy.fi/Apu1/Tarkista-hairiotilanne/>.

Kannus K. & Lahti K. 2009. Ukkosylijännitteet ja ylijännitesuojaus. Sähköenergiatekniikan laitos, Tampereen teknillinen yliopisto. 27 s.

Kauppa- ja teollisuusministeriö. 2002. Sähkön toimitusvarmuuden parantaminen. Verkkodokumentti. 36 s. Saatavissa: <http://www2.energia.fi/myrsky/pdf/toimitusvarmuus.pdf>.

Kauppa- ja teollisuusministeriö. 2006. Sähkönjakelun toimitusvarmuuden kehittäminen. Sähkönjakeluhäiriöiden ehkäisemistä ja jakelun toiminnallisia tavoitteita selvittäneen työryhmän raportti. Verkkodokumentti. 77 s. Saatavissa: [http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/B6F406618A2BED89C225732C00380603/\\$file/Sahkokatkostyoryhman_raportti.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/B6F406618A2BED89C225732C00380603/$file/Sahkokatkostyoryhman_raportti.pdf).

Korpelan Voima. 2014. Keskeytyskartta. [WWW]. [Viitattu 7.11.2014]. Saatavissa: <https://keskeytyskartta.korpelanvoima.fi/>.

L 29.4.2011/379. Pelastuslaki.

L 9.8.2013/588. Sähkömarkkinalaki.

Lakervi E. & Partanen J. 2012. Sähkönjakelutekniikka. 3. Painos. Helsinki, Otatieto. 295 s.

MASAS-X. 2012. About MASAS. [WWW]. [Viitattu 28.7.2014]. Päivitetty 1.10.2012. Saatavissa: <https://www.masas-x.ca/en/about-masas>.

Metla. 2013. Metsätuhot vuonna 2011. [WWW]. [Viitattu 5.8.2014]. Päivitetty 4.7.2013. Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/metsientila/metsatuhot2011.htm>.

Myrskyvaroitus.com. 2010. Kesän rajuilmat runtelivat laajoja alueita useaan kertaan. [WWW]. [Viitattu 4.8.2014]. Päivitetty 25.9.2010. Saatavissa: <http://www.myrskyvaroitus.com/index.php/uutiset/42-kesaen-rajuilmat-runtelivat-laajoja-alueita-useaan-kertaan>.

National Grid. 2014. Power outage map. [WWW]. [Viitattu 25.7.2014]. Saatavissa: <https://www1.nationalgridus.com/PowerOutageMap-MA-RES>.

Nofi A. 2000. Defining and Measuring Shared Situation Awareness. Center for Naval Analyses. Virginia. 72 s.

Nordel. 2007. Grid Disturbances and fault statistics 2007. Verkkodokumentti. 57 s. Saatavissa: https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/nordic/operations/090000_entsoe_nordic_FaultStatistics2007.pdf.

Onnettomuustutkintakeskus. 2011. Heinä-elokuun 2010 rajuilmat. Verkkodokumentti. 158 s. Saatavissa: http://turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/muutonnnettomuudet/2010/s22010y_tutkintaselostus/s22010y_tutkintaselostus.pdf.

Pagotto J. & O'Donnell D. 2012. Canada's Multi-Agency Situational Awareness System – Keeping it Simple. Verkkodokumentti. 10 s. Saatavissa: <http://pubs.drddc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=537608&r=0>.

Partanen J., Lassila J., Kaipia T., Martikainen M., Järventausta P., Verho P., Mäkinen A., Kivikko K., Pylvänäinen J. & Nurmi V-P. 2006. Sähkönjakeluverkkoon soveltuvat toimitusvarmuuskriteerit ja niiden raja-arvot sekä sähkönjakelun toimitusvarmuudelle asetettavien toiminnallisten tavoitteiden kustannusvaikutukset. Lappeenrannan teknillinen yliopisto & Tampereen teknillinen yliopisto. 138 s.

Partanen J., Lassila J., Kaipia T. & Haakana J. 2012. Sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantamiseen sekä sähkökatkojen vaikutusten lieventämiseen tähtäävien toimenpiteiden vaikutusten arviointi. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 61 s.

Partanen J., Viljainen S., Lassila J., Honkapuro S., Tahvanainen K., Karjalainen R., Annala S. & Makkonen M. 2013. Sähkömarkkinat – opetusmoniste. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 86 s.

Pelastustoimi. 2014. Pelastuslaitokset. [WWW]. [Viitattu 18.8.2014]. Saatavissa: <http://www.pelastustoimi.fi/pelastustoimi/pelastuslaitokset>.

PKS. 2014. PKS Katkot. [WWW]. [Viitattu 20.8.2014]. Saatavissa: <https://katkot.pks.fi/Outages/OutageReport>.

Puolustusministeriö. 2009. Pitkä sähkökatko ja yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaaminen. Porvoo, Painoyhtymä Oy. 51 s.

Puolustustaloudellinen suunnittelukunta. 2006. Viestintä- ja sähkönjakeluverkkojen keskinäiset riippuvuudet. Tietoverkkopooli & Voimatalouspooli. Verkkodokumentti. 12 s. Saatavissa: <http://www.huoltovarmuus.fi/static/pdf/231.pdf>.

VNpp 16.12.2010. Yhteiskunnan turvallisuusstrategia.

Reneco. 2012. Toiminta sähkönjakelun suurhäiriössä. Verkkodokumentti. 160 s. Saatavissa: <http://konsulttitoimistoreneco.files.wordpress.com/2012/09/et-suurhc3a4iric3b6-raportti-2012-09-18.pdf>.

Reneco. 2014. Lentorobotit sähköverkon tarkastuksissa. Verkkodokumentti. 63 s. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/lentorobotit_sahkoverkon_tarkastuksissa_2014.pdf.

Savon Voima. 2014. Häiriötiedot. [WWW]. [Viitattu 5.9.2014]. Saatavissa: <http://hairioinfo.savonvoima.fi/>.

Sisäasiainministeriön pelastusosaston selvitys. 2012. Myrskyihin varautuminen ja vahinkojen torjunta. Verkkodokumentti. 8 s. Saatavissa: [http://www.poliisi.fi/intermin/images.nsf/files/E19BA5BD6F160568C22579C200351C24/\\$file/myrskyselvitys_15032012.pdf](http://www.poliisi.fi/intermin/images.nsf/files/E19BA5BD6F160568C22579C200351C24/$file/myrskyselvitys_15032012.pdf).

The White House. 2014. FACT SHEET: Harnessing the Power of Data for a Clean, Secure, and Reliable Energy Future. [WWW]. [Viitattu 12.11.2014]. Saatavissa: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/05/28/fact-sheet-harnessing-power-data-clean-secure-and-reliable-energy-future>.

Tieto. 2014. Elenialla 27.4.2014 järjestetty tapaaminen Tiedon kanssa, GridWise-esittelyn materiaali.

VAMP. 2014. VAMP collect. [WWW]. [Viitattu 4.12.2014]. Saatavissa: <http://www-fi.vamp.fi/Suomeksi/Tuotteet/Ohjelmistot/VAMP%20collect/Default.aspx>.

Verho P., Strandén J., Nurmi V-P., Mäkinen A., Järventausta P., Hagqvist O., Partanen J., Lassila J., Kaipia T. & Honkapuro S. 2010. Nykyisen valvontamallin arviointi – suurhäiriöriski. Tampereen teknillinen yliopisto & Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 50 s.

Verho P. 2012. SVT-3431 Sähköjakeluautomaatio. Sähköenergiatekniikan laitos, Tampereen teknillinen yliopisto. Kurssimateriaali. [WWW]. [Viitattu 24.7.2014]. Saatavissa: http://webhotel2.tut.fi/units/set/opetus/kurssit/Materiaalisivut/SVT_3431/svt_3431materiaali.htm (pääsy rajoitettu).

Verho P., Sarsama J., Strandén J., Krohns-Välimäki H., Hälvä V. & Hagqvist O. 2012. Sähköhuollon suurhäiriöiden riskianalyysi- ja hallintamenetelmien kehittäminen - Projektin loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto & VTT. 88 s.

Verho P. 2014. DEE-23040 Sähköverkko-omaisuuden hallinta. Sähkötekniikan laitos, Tampereen teknillinen yliopisto. Kurssimateriaali. [WWW]. [Viitattu 24.7.2014]. Saatavissa: http://webhotel2.tut.fi/units/set/opetus/kurssit/Materiaalisivut/DEE_23040/DEE_23040materiaali.htm (pääsy rajoitettu).

Vero. 2014. Tilannekuvia harmaasta taloudesta. [WWW]. [Viitattu 10.6.2014]. Päivitetty 2.4.2014. Saatavissa: [http://www.vero.fi/fi-FI/Tietoa_Verohallinnosta/Harmaan_talouden_torjunta/Tilannekuvia_harmaasta_taloudesta\(21527\)](http://www.vero.fi/fi-FI/Tietoa_Verohallinnosta/Harmaan_talouden_torjunta/Tilannekuvia_harmaasta_taloudesta(21527)).

Viestintävirasto. 2012. Määräys viestintäverkkojen ja -palveluiden varmistamisesta. Saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/Viestintavirasto54A2012M.pdf>.

VTT. 2010. Uhkatilanteiden hallinta. Hälytys-, tilannekuva- ja varoitusjärjestelmän kehittäminen. VTT tiedotteita – research notes 2543. Verkkodokumentti. 94 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2543.pdf>.

Haastattelut

Elenia Oy:lla tehdyt haastattelut:

Carrillo, Heidi. 2014. Prosessiasiantuntija, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 2.5.2014.

Ihonen, Turo. 2014. Käyttöpäällikkö, Elenia Oy. Tampere. Keskusteluja 18.3.–30.11.2014.

Ilmarinen, Jorma. 2014. IT-kehitysvastaava, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 23.5.2014.

Kari-Heikkinen, Pirjo. 2014. Palvelupäällikkö, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 23.4.2014.

Koto, Antti. 2014. IT-kehitysvastaava, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 2.6.2014.

Kupila, Tuomas. 2014. Käyttöinsinööri, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 3.7.2014.

Kuusela-Opas, Heini. 2014. Viestintäjohtaja, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 24.4.2014.

Paananen, Heikki. 2014. Käytön suunnittelupäällikkö, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 13.5.2014.

Pohjosenperä, Esa. 2014. Käytönvalvoja, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 8.-9.5.2014.

Pohjosenperä, Esa. 2014. Käytönvalvoja, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 2.7.2014.

Rajala, Jukka. 2014. Yhteyspäällikkö, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 25.4.2014.

Salo, Johannes. 2014. Myyntipäällikkö, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 16.4.2014.

Salomäki, Harri. 2014. Hankekehityspäällikkö, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 23.4.2014.

Sarhela, Lasse. 2014. Asiakasinsinööri, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 23.5.2014.

Suuronen, Matti. 2014. Asiakasinsinööri, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 5.6.2014.

Tkachenko, Evgenia. 2014. Rakennuttaja, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 22.4.2014.

Vehmasvaara, Sami. 2014. Järjestelmäinsinööri, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 2.6.2014.

Vähäkuopus, Santtu. 2014. Asiantuntija, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 23.4.2014.

Vänskä, Markku. 2014. Turvallisuuspäällikkö, Elenia Oy. Tampere. Haastattelu 7.7.2014.

Urakoitsijoiden haastattelut:

Krook, Arsi. 2014. Rakentamisen työjohto, Voiman Oy. Saarijärvi. Haastattelu 26.5.2014.

Norri, Pekka, yksikön päällikkö & Ketopaikka Jaakko, käytönsuunnittelija. 2014. Ver-
tek Oy. Orivesi. Haastattelu 16.5.2014.

Nurmi, Ilkka. 2014. Palvelupäällikkö, Relacom Finland Oy. Hattula. Haastattelu
5.6.2014.

Peura, Esa & Simuna, Juho. 2014. Työnjohto, Pohjolan Werkonrakennus Oy. Oulu.
Haastattelu 3.6.2014.

Sidosryhmien haastattelut:

Aaltonen, Matti. 2014. Turvallisuusjohtaja, Liikennevirasto. Helsinki. Haastattelu
22.8.2014.

Dahlberg, Eija-Liisa. 2014. Tilaajapäällikkö, Hämeenlinnan kaupunki. Hämeenlinna.
Haastattelu 14.8.2014.

Halmeslahti, Tuomo. 2014. Pelastuspäällikkö, Etelä-Savon pelastuslaitos. Mikkeli.
Haastattelu 1.9.2014.

Karppanen, Ari. 2014. Viestintäverkkoasiantuntija, Viestintävirasto. Helsinki. Haastat-
telu 13.8.2014.

Kukkonen, Pekka. 2014. Kauppias, K-supermarket Muurame. Puhelinhaastattelu
12.8.2014.

Lehtonen, Kyösti. 2014. Johtaja, Häätäkeskustoiminnan kehittäminen, Häätäkeskuslaitos.
Pori. Haastattelu 19.8.2014.

Pahkin, Arto. 2014. Valvomopäällikkö, Fingrid. Helsinki. Haastattelu 29.8.2014.

Takala, Markus, Head of Department, Technology Services, Ikola, Tero, Service Man-
ager & Toroi, Timo, Senior Performance Manager. 2014. Elisa Oyj. Puhelinhaastattelu
28.8.2014.

Tuomola, Heimo, maanrakennusmestari & Jalava, Hannu, tekninen johtaja. 2014.
Tammelan kunta. Tammela. Haastattelu 25.8.2014.

Tyrväinen, Jukka, vesihuoltopäällikkö, Kauppinen, Sakari, käyttöpäällikkö, sähköverk-
kojen operointi & Rantala, Tommi, käyttöpäällikkö. 2014. Jyväskylän Energia Oy. Jy-
väskylä. Haastattelu 27.8.2014.

Vakkilainen, Ari. 2014. Palopäällikkö, Pirkanmaan pelastuslaitos. Tampere. Haastattelu
10.7.2014.

Vuorio, Elina. 2014. Kehityspäällikkö, Elisa Oyj. Puhelinhaastattelu 16.9.2014.

Muut haastattelut:

Forsberg H. 2014. Harri Forsberg Consulting Ky. Mikkeli. Haastattelu 1.9.2014.